



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

**ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ
ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ
ΣΤΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ**



**ΑΝΔΡΕΑΣ ΣΟΦ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΒΟΥΛΑ ΨΑΡΑΚΗ-ΚΑΛΟΥΠΤΣΙΔΗ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Μ.Π.**

Αθήνα, Ιούλιος 2011

Ευχαριστώ θερμά την κα. Βούλα Ψαράκη-Καλουπτσίδη, επίκουρο καθηγήτρια στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή της κατά την εκπόνησή της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου Α. Μπαλλή και Α. Σταθόπουλο για τις συμβουλές και παρατηρήσεις τους καθώς και για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για την αγάπη της και τη συνεχή στήριξη και συμπαράστασή της καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ

Ανδρέας Σοφ. Αλεξόπουλος

Επιβλέπουσα: Βούλα Ψαράκη-Καλουπτσίδη, Επίκουρος Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

ΣΥΝΟΨΗ

Οι αερομεταφορές σήμερα ευθύνονται για το 2-3% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η ταχύτατη ανάπτυξη αυτής της βιομηχανίας τα τελευταία χρόνια και η προβλεπόμενη αύξηση της εναέριας επιβατικής κίνησης σε σχέση με τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς, δημιουργεί ανησυχία σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εκπομπών των αεροσκαφών και ιδιαίτερα του διοξειδίου του άνθρακα.

Η ένταξη των αερομεταφορών στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ) αερίων του θερμοκηπίου, αποτελεί ένα από τα μέτρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20%, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, μέχρι το 2020 στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Από το 2012, όλες οι πτήσεις από και προς τα αεροδρόμια της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανεξαρτήτως εθνικότητας, θα περιλαμβάνονται στο σύστημα ενώ στο σύνολό του ο τομέας των αερομεταφορών θα είναι ισχυρός αγοραστής δικαιωμάτων προκειμένου να καλύψει τις εκπομπές του. Το κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων αναμένεται να μετακυληθεί στους επιβάτες με τη μορφή αύξησης των τιμών των εισιτηρίων, επηρεάζοντας πιθανόν τη ζήτηση.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εστιάζει στις οικονομικές επιπτώσεις, λόγω της ένταξης των αερομεταφορών στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ, στις ελληνικές αεροπορικές εταιρείες και συγκεκριμένα στην Olympic Air και την Aegean Airlines. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται βασίζεται σε πραγματικά στοιχεία πτήσεων του έτους 2010, τα οποία περιλαμβάνουν τον κωδικό της πτήσης, τον τύπο του αεροσκάφους και τα αεροδρόμια άφιξης και αναχώρησης, με βάση τα οποία υπολογίζεται το κόστος απόκτησης των επιπλέον δικαιωμάτων και η αύξηση στις τιμές των εισιτηρίων. Στα πλαίσια της εργασίας, εξετάζονται εναλλακτικοί τρόποι μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα άρα και του κόστους απόκτησης των δικαιωμάτων και κυρίως η αντικατάσταση των μεγάλων αεροσκαφών που χρησιμοποιούνται στις πτήσεις εσωτερικού, από μικρότερα αεροσκάφη. Από την αντικατάσταση υπολογίζεται η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, η αύξηση των πτήσεων και η μείωση του κόστους απόκτησης των δικαιωμάτων.

Λέξεις – Κλειδιά : Κλιματική αλλαγή, αέρια του θερμοκηπίου, διοξείδιο του άνθρακα, Πρωτόκολλο του Κιότο, Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών, ΣΕΔΕ, οδηγία 2008/101/ΕΚ, τιμή δικαιώματος, χρηματιστήριο των ρύπων, ένταξη των αερομεταφορών, ιστορικές εκπομπές, κατανομή δικαιωμάτων, κόστος απόκτησης δικαιωμάτων, αύξηση τιμών εισιτηρίων, αντικατάσταση αεροσκαφών.

THE IMPACTS OF THE EUROPEAN UNION EMISSIONS TRADING SCHEME ON THE GREEK AIRLINE COMPANIES

Andreas S. Alexopoulos

Thesis Supervisor: Voula Psaraki-Kalouptsidi

ABSTRACT

Air transport currently accounts for 2-3% of global greenhouse gas emissions. The rapid growth of the industry during the recent years and the projected increase in air passenger traffic compared to other modes of transport, is causing concern about the environmental impact of aircraft emissions, especially the emissions of carbon dioxide.

The inclusion of aviation into the European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS) in 2012, is one of the measures of the European Union in order to reduce its greenhouse gas emissions by 20%, compared to 1990 levels, by 2020 according to the Kyoto Protocol. From 2012, all flights regardless nationality, arriving and departing from EU airports, will be included into the EU ETS and the aviation sector will be a strong buyer of allowances in order to cover its emissions. The acquisition cost of allowances is expected to be passed on to passengers in the form of increased ticket prices, possibly affecting demand for air transport.

This Diploma Thesis focuses on the economic impact of the inclusion of aviation into the EU ETS, on the Greek airline companies and specifically Olympic Air and Aegean Airlines. The methodology used is based on real flight data of 2010, such as the flight code, the aircraft type and the airports of arrival and departure, from which the acquisition cost of allowances is calculated and as a result the increase in air ticket prices. In the context of the thesis, alternative ways of reducing carbon dioxide emissions and hence the acquisition cost of allowances, are considered and specifically the replacement of large aircraft, used on short domestic flights, by smaller aircraft. As a result, the reduction of carbon dioxide emissions is calculated as well as the flight number increase and the reduction of the acquisition cost of allowances.

Keywords: Climate change, greenhouse gases, carbon dioxide, Kyoto Protocol, European Union Emissions Trading Scheme, EU ETS, Directive 2008/101/EC, allowance price, carbon market, inclusion of aviation, historical emissions, allowance allocation, acquisition cost of allowances, increase of ticket prices, aircraft replacement.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αερομεταφορές έχουν καταστεί αναπόσπαστο μέρος της κοινωνικής ζωής του 21^{ου} αιώνα επιτρέποντας τόσο στους επιβάτες όσο και στα εμπορεύματα να διανύουν μεγάλες αποστάσεις με πρωτόγνωρες ταχύτητες. Ο τομέας των αερομεταφορών αποτελεί μια ταχύτατα αναπτυσσόμενη βιομηχανία η οποία αναμένεται να ανθίσει με μεγαλύτερο ρυθμό σε σχέση με τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς στο μέλλον. Ο ρυθμός αυτός προκαλεί μεγάλη ανησυχία καθώς οι αερομεταφορές οφείλονται ήδη για το 2-3% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή Κλιματικής Αλλαγής (IPCC). Το ποσοστό αυτό μπορεί να φαίνεται μικρό, αλλά το γεγονός ότι οι εκπομπές των αεροσκαφών γίνονται σε πολύ μεγάλα υψόμετρα εγείρει ανησυχίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αερομεταφορών.

Τα αεροσκάφη εκπέμπουν σε μεγάλο ποσοστό, διοξείδιο του άνθρακα το οποίο χαρακτηρίζεται από μεγάλο χρόνο ζωής (από 50 έως 200 έτη). Σε μικρότερο ποσοστό εκπέμπονται υδρατμοί, σωματίδια θειικών ενώσεων και αιθάλης καθώς και υδρογονάνθρακες. Επιπλέον, στα αεροσκάφη οφείλεται η δημιουργία των ιχνών συμπύκνωσης τα οποία σχηματίζονται λόγω της υγραποίησης των υδρατμών των αεροσκαφών στα μεγάλα υψόμετρα της ατμόσφαιρας αλλά και η δημιουργία των θυσανόμορφων νεφών, αν και υπάρχει επιστημονική αβεβαιότητα σχετικά με το ποσοστό συμμετοχής των αεροσκαφών στο σχηματισμό τους.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα διεθνή μέτρα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και θέτει σημαντικούς στόχους μείωσης εκπομπών στις χώρες που το χουν υπογράψει. Στο πρωτόκολλο περιλαμβάνονται τρεις μηχανισμοί μείωσης των εκπομπών, ανάμεσα στους οποίους και το εμπόριο εκπομπών (emissions trading). Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ) αερίων του θερμοκηπίου (European Union Emissions Trading Scheme, EU ETS) αποτελεί το σημαντικότερο μέτρο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% μέχρι το 2020 στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Σύμφωνα με το ΣΕΔΕ, κατανέμονται σε μεγάλο ποσοστό δωρεάν δικαιώματα στις εγκαταστάσεις όπου ένα δικαίωμα ισούται με το δικαίωμα εκπομπής ενός τόνου ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, εγκαταστάσεις που έχουν περισσότερα δικαιώματα από αυτά που χρειάζονται μπορούν να τα πωλούν σε άλλες που έχουν λιγότερα δικαιώματα από τις πραγματικές εκπομπές τους.

Η μεγάλη ανάπτυξη του τομέα των αερομεταφορών ήταν το κίνητρο για την ένταξη του στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ από το 2012 και σε αυτό θα περιλαμβάνονται όλες οι πτήσεις που αναχωρούν και αφικνούνται στα αεροδρόμια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ανεξαρτήτως εθνικότητας. Ο τομέας των αερομεταφορών θα είναι ισχυρός αγοραστής δικαιωμάτων γεγονός που θα έχει επίπτωση στις αεροπορικές εταιρείες λόγω της ανάγκης τους για να αγοράσουν επιπλέον δικαιώματα. Το κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων θα μετακυληθεί στους επιβάτες με τη μορφή αύξησης των τιμών των εισιτηρίων ενώ πιθανώς να μεταβληθεί και η ζήτηση.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε εκτίμηση του κόστους που θα επωμιστούν οι ελληνικές αεροπορικές εταιρείες λόγω της ένταξής τους στο

ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ. Η ανάλυση έγινε για τους δύο κύριους ελληνικούς αερομεταφορείς, την Olympic Air και την Aegean Airlines. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε βασίστηκε σε στοιχεία πτήσεων του έτους 2010, τα οποία περιλαμβάνουν τον κωδικό της πτήσης, τον τύπο του αεροσκάφους και τα αεροδρόμια αναχώρησης και άφιξης. Βάσει αυτών των στοιχείων υπολογίστηκαν η κατανάλωση καυσίμου από τη βάση δεδομένων EMEP/CORINAIR, και στη συνέχεια οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, υπολογίστηκαν τα τονοχιλιόμετρα δεδομένα με βάση τα οποία θα γίνει η κατανομή των δωρεάν δικαιωμάτων, πολλαπλασιαζόμενα επί έναν συντελεστή σύγκρισης, βάσει της ευρωπαϊκής οδηγίας, για τον οποίο λήφθηκαν δύο σενάρια. Έτσι, γνωρίζοντας τον αριθμό των επιπλέον δικαιωμάτων εκτιμούμε το κόστος απόκτησης τους με βάση τη σημερινή τιμή του δικαιώματος. Το κόστος αυτό ανάγεται σε κόστος ανά επιβατοχιλιόμετρο για να εκτιμηθεί η αύξηση της τιμής του εισιτηρίου ανά επιβάτη και διαδρομή.

Τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας δείχνουν ότι το κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων θα είναι μεγαλύτερο για την Aegean Airlines (€3.761.683) σε σχέση με αυτό της Olympic Air (€3.322.954) για το πρώτο σενάριο του συντελεστή σύγκρισης, ενώ αύξηση στις τιμές των εισιτηρίων είναι μεγαλύτερη για την Olympic Air λόγω χαμηλότερης επιβατικής κίνησης. Η παραπάνω αύξηση δεν θα είναι μεγάλη. Ενδεικτικά, για την απόσταση Αθήνα-Κέρκυρα (415 km) η αύξηση είναι €0,45 για την Olympic Air και €0,29 για την Aegean Airlines. Επιπλέον, υπολογίζεται η μείωση της ζήτησης των πτήσεων εσωτερικού η οποία δεν ξεπερνάει το 0,35% για την Olympic Air.

Το κόστος που υπολογίστηκε μπορεί να φαίνεται μικρό, όμως το γεγονός ότι αναμένεται να αυξηθεί μακροπρόθεσμα τόσο λόγω της μείωσης των δωρεάν δικαιωμάτων τα επόμενα χρόνια αλλά και λόγω της μεταβλητότητας της τιμής του δικαιώματος, θα οδηγήσει τις αεροπορικές εταιρείες σε εξεύρεση μέτρων για την μείωση των εκπομπών τους άρα και του κόστους απόκτησης των δικαιωμάτων. Ένας από αυτούς εξετάστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία και είναι η αντικατάσταση των μεγάλων αεροσκαφών (A320) που χρησιμοποιούνται στις πτήσεις εσωτερικού, οι οποίες είναι σχετικά μικρές, από μικρότερα αεροσκάφη (ATR-72) που εκπέμπουν λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα σε αυτές τις διαδρομές. Η ανάλυση έδειξε ότι παρόλο που χρειάζονται σχεδόν οι διπλάσιες πτήσεις για να εξυπηρετηθεί η ίδια επιβατική κίνηση, οι μειώσεις εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που επιτυγχάνονται είναι σημαντικές. Για παράδειγμα, σε μία τυπική εβδομάδα Αυγούστου ενώ με το A320 εκτελούνται 98 πτήσεις από Αθήνα προς Ηράκλειο με εκπομπές περίπου 600 tCO₂, μετά την αντικατάσταση από το ATR-72 εκτιμάται ότι θα χρειαστούν 155 πτήσεις με συνολικές εκπομπές περίπου 200 tCO₂, οπότε είναι εμφανές ότι η μείωση εκπομπών που προκύπτει είναι σημαντική. Επιπλέον, το κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων θα μπορούσε να μειωθεί μέχρι και €1.400.000 λόγω της αντικατάστασης, χωρίς όμως να υπολογίζεται το επιπλέον κόστος που θα προκύψει από την αύξηση των πτήσεων και στο οποίο περιλαμβάνονται τα τέλη προσγείωσης, η αγορά ή ενοικίαση των νέων αεροσκαφών και το κόστος του προσωπικού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	14
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	14
1.1 Εισαγωγή	14
1.2 Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου	15
1.2.1 Χρονολογικά γεγονότα του φαινομένου του θερμοκηπίου	16
1.2.2 Αέρια του θερμοκηπίου	16
1.3 Συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου	23
1.3.1 Θερμοκρασία	23
1.3.2 Υετός.....	25
1.3.3 Ανύψωση της στάθμης της θάλασσας	27
1.4 Ατμοσφαιρική ρύπανση	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	32
Η ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ..	32
2.1 Η συμμετοχή των μεταφορών στην κλιματική αλλαγή	33
2.2 Η συμμετοχή των αερομεταφορών στην κλιματική αλλαγή	37
2.2.1 Εκπομπές αεροσκαφών.....	40
2.3 Δείκτες ποσοτικού προσδιορισμού της κλιματικής αλλαγής	46
2.3.1 Κατακράτηση ακτινοβολίας.....	46
2.3.2 Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης.....	47
2.3.3 Σύγκριση των δεικτών ποσοτικού προσδιορισμού της κλιματικής αλλαγής	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	50
ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	50
3.1 Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές .	53
3.2 Το πρωτόκολλο του Κιότο	55
3.2.1 Ευέλικτοι μηχανισμοί του Πρωτοκόλλου του Κιότο	56
3.2.2 Παραρτήματα του Πρωτοκόλλου του Κιότο.....	57
3.2.3 Διαπραγματεύσεις για το Πρωτόκολλο του Κιότο.....	59

3.3 Αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης	60
3.4 Ο ρόλος των διεθνών οργανισμών των αερομεταφορών	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	70
ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	
ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	70
4.1 Η οδηγία 2003/87/ΕΚ	71
4.1.1 Σύνδεση του Σ.Ε.Δ.Ε. με τους ευέλικτους μηχανισμούς του Πρωτοκόλλου του Κιότο	73
4.1.2 Τα Εθνικά Σχέδια Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών	75
4.1.3 Το Ανεξάρτητο Σύστημα Καταγραφής Συναλλαγών της Κοινότητας (Community Independent Transaction Log, CITL).....	75
4.2 Το Χρηματιστήριο των Ρύπων	76
4.2.1 Χρηματιστηριακές αγορές ρύπων	80
4.2.2 Όγκοι συναλλαγών.....	81
4.3 Περίοδοι εμπορίας δικαιωμάτων	84
4.4 Οι αρνητικές πτυχές του ευρωπαϊκού ΣΕΔΕ	87
4.5 Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα	88

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	91
Η ΕΝΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	
ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	91
5.1 Κύρια σημεία της οδηγίας 2008/101/ΕΚ	92
5.2 Παράδειγμα υπολογισμού κατανομής δικαιωμάτων	97
5.3 Υπολογισμός ιστορικών εκπομπών	98
5.4 Δικαιώματα προς κατανομή.....	100
5.5 Η πορεία προς την ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	100
5.6 Σχεδιασμός του ΣΕΔΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις αερομεταφορές	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	107
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΑΙ	
ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΟΡΕΣ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	107
6.1 Επιπτώσεις στις αεροπορικές εταιρείες	109
6.1.1 Κόστος απόκτησης δικαιωμάτων	109
6.1.2 Επιπτώσεις στη ζήτηση για αερομεταφορές	111
6.1.3 Επιπτώσεις στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.....	112

6.1.4	Επιπτώσεις στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ.....	113
6.2	Επιπτώσεις στον ανταγωνισμό των αερομεταφορέων	115
6.3	Επιπτώσεις στην οικονομία των κρατών μελών	122
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7		124
ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΜΠΟΡΙΑΣ		
ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ		
.....		124
7.1	Η βάση δεδομένων ΕΜΕΡ/CORINAIR	126
7.2	Ανάλυση της μεθοδολογίας	129
7.2.1	Υπολογισμός εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα	129
7.2.2	Υπολογισμός τονοχιλιομετρικών δεδομένων	133
7.2.3	Υπολογισμός δωρεάν δικαιωμάτων	134
7.2.4	Σενάρια εκπομπών, επιβατικής κίνησης και τιμών δικαιωμάτων	135
7.3	Αποτελέσματα	137
7.3.1	Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.....	137
7.3.2	Τονοχιλιομετρικά δεδομένα.....	140
7.3.3	Κόστος απόκτησης δικαιωμάτων και εκτιμώμενη αύξηση των τιμών των εισιτηρίων	141
7.3.4	Επιπτώσεις στη ζήτηση	145
7.4	Αντικατάσταση αεροσκαφών και εκτιμώμενη μείωση του κόστους απόκτησης δικαιωμάτων	147
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....		155
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		155
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		160

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην ένταξη του τομέα των αερομεταφορών στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στις επιπτώσεις της στις ελληνικές αεροπορικές εταιρείες. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε εφαρμόστηκε στους δύο κύριους ελληνικούς αερομεταφορείς, την Olympic Air και την Aegean Airlines. Επιπλέον, εξετάζεται η αντικατάσταση των μεγάλων αεροσκαφών που χρησιμοποιούνται στις πτήσεις εσωτερικού από μικρότερα αεροσκάφη ως μέτρο μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και συνεπώς του κόστους απόκτησης των δικαιωμάτων.

Αφού καθορίστηκε το θέμα και οι στόχοι της διπλωματικής εργασίας έγινε η βιβλιογραφική ανασκόπηση με σκοπό την αναζήτηση μελετών σχετικά με τις επιπτώσεις του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων στον τομέα των αερομεταφορών και την εξεύρεση κατάλληλης μεθοδολογίας για τον υπολογισμό των οικονομικών επιπτώσεων του στις αεροπορικές εταιρείες. Η μεθοδολογία βασίστηκε στα στοιχεία των πτήσεων του έτους 2010, τα οποία λήφθηκαν από την ΥΠΑ και περιλαμβάνουν τον κωδικό της πτήσης, τον τύπο του αεροσκάφους και τα ευρωπαϊκά αεροδρόμια άφιξης και αναχώρησης. Με βάση τα στοιχεία αυτά έγινε ο υπολογισμός των δικαιωμάτων που θα χρειαστεί να αγοράσουν οι δύο αεροπορικές εταιρείες για να καλύψουν τις εκπομπές τους άρα και το κόστος που θα επωμιστούν. Στη συνέχεια, το κόστος αυτό επιμερίστηκε στους επιβάτες οπότε έγινε μια εκτίμηση της αύξησης των τιμών των εισιτηρίων, κυρίως των πτήσεων εσωτερικού. Επιπλέον, εξετάστηκε και η πιθανή μείωση της ζήτησης σε αυτές τις πτήσεις.

Στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών, εξετάστηκαν εναλλακτικοί τρόποι μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα των πτήσεων άρα και του κόστους απόκτησης των δικαιωμάτων. Η εργασία εστιάστηκε στην αντικατάσταση των μεγάλων αεροσκαφών που χρησιμοποιούνται στις πτήσεις εσωτερικού, οι οποίες είναι σχετικά μικρές, από μικρότερα αεροσκάφη. Συνεπώς, υπολογίστηκε η μείωση των εκπομπών ταυτόχρονα με την αύξηση των πτήσεων που απαιτούνται για να εξυπηρετηθεί η ίδια επιβατική κίνηση. Παράλληλα με τη μείωση των εκπομπών, μειώνεται και το κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων, χωρίς όμως να υπολογίζεται το επιπλέον κόστος που θα προκύψει από την αύξηση των πτήσεων και στο οποίο περιλαμβάνονται τα τέλη προσγείωσης, η αγορά ή ενοικίαση των νέων αεροσκαφών και το κόστος του προσωπικού.

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας είναι ο προσδιορισμός των οικονομικών επιπτώσεων από την ένταξη του τομέα των αερομεταφορέων στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στις ελληνικές αεροπορικές εταιρείες και συγκεκριμένα στην Olympic Air και την Aegean Airlines. Από το 2012 όλες οι πτήσεις που αναχωρούν και αφικνούνται στα αεροδρόμια της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα περιλαμβάνονται στο σύστημα. Αυτό σημαίνει ότι οι όλοι οι αερομεταφορείς, ανεξαρτήτως εθνικότητας θα πρέπει να κατέχουν δικαιώματα εκπομπών και να αγοράζουν επιπλέον δικαιώματα για να καλύψουν τις εκπομπές τους αφού ο

τομέας των αερομεταφορών θα είναι αγοραστές δικαιωμάτων. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε βασίστηκε σε πραγματικά στοιχεία πτήσεων του έτους 2010 τα οποία περιλαμβάνουν τον κωδικό της πτήσης, τον τύπο του αεροσκάφους και τα αεροδρόμια αναχώρησης και άφιξης. Με βάση αυτά υπολογίστηκε η κατανάλωση καυσίμου από τη βάση δεδομένων EMEP/CORINAIR και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον έγινε ο υπολογισμός των τονοχλιομετρικών δεδομένων του 2010 για τις δύο αεροπορικές εταιρείες και με βάση αυτά προσδιορίστηκε η ποσότητα των δωρεάν δικαιωμάτων που τους αντιστοιχούν. Έτσι εκτιμήθηκε ο αριθμός των δικαιωμάτων που πρέπει να αγοράσουν για να καλύψουν τις εκπομπές τους άρα και η αύξηση των τιμών των εισιτηρίων, αφού το κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων θα περαστεί στους επιβάτες. Επιπλέον, στόχος της εργασίας ήταν η εξέταση εναλλακτικών τρόπων μείωσης των εκπομπών, άρα και του κόστους απόκτησης των δικαιωμάτων και συγκεκριμένα μέσω της αντικατάστασης των μεγάλων αεροσκαφών που χρησιμοποιούνται στις πτήσεις του εσωτερικού από μικρότερα αεροσκάφη.

ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η δομή της Διπλωματικής Εργασίας διαρθρώνεται ως εξής:

Στο **Κεφάλαιο 1** γίνεται η ανάλυση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, δηλαδή παρουσιάζονται οι κυριότερες εκπομπές των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων καθώς και η συμμετοχή τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι συνέπειες του στο περιβάλλον και την ατμόσφαιρα.

Το **Κεφάλαιο 2** εστιάζει στην επίδραση των αερομεταφορών στην κλιματική αλλαγή. Αρχικά, παρουσιάζεται η συμμετοχή του τομέα των μεταφορών στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Στη συνέχεια, αναλύεται η εξέλιξη των αεροπορικών μεταφορών και περιγράφονται τα σενάρια μελλοντικής εξέλιξης της μεταφορικής κίνησης σύμφωνα με τον EUROCONTROL. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι κυριότερες εκπομπές των αεροσκαφών καθώς και οι δείκτες προσδιορισμού των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον.

Το **Κεφάλαιο 3** αναφέρεται στις διεθνείς προσπάθειες που έχουν γίνει για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής όπως είναι η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές και το Πρωτόκολλο του Κιότο. Επιπλέον, εξετάζεται ο ρόλος των διεθνών οργανισμών των αερομεταφορών (ICAO, FAA, IATA, EUROCONTROL, ΥΠΑ) στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζεται το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αρχικά, εξετάζεται η σχετική ευρωπαϊκή οδηγία και οι παράμετροι σχεδιασμού του συστήματος ενώ στη συνέχεια γίνεται εμβάθυνση στη λειτουργία του «χρηματιστηρίου των ρύπων». Επίσης, αναλύονται τα αποτελέσματα από τις περιόδους εμπορίας δικαιωμάτων από την έναρξη του συστήματος μέχρι σήμερα καθώς και οι αρνητικές πτυχές του συστήματος.

Το **Κεφάλαιο 5** εστιάζει στην ένταξη του τομέα των αερομεταφορών στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ειδικότερα, αναλύονται εκτενώς τα σημαντικότερα άρθρα της

σχετικής ευρωπαϊκής οδηγίας ενώ παρατίθεται και ένα παράδειγμα υπολογισμού κατανομής δικαιωμάτων σε δύο αεροπορικές εταιρείες. Επιπλέον, παρουσιάζεται η μεθοδολογία του EUROCONTROL για τον υπολογισμό των ιστορικών εκπομπών καθώς και η πορεία σχεδιασμού του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων για τον τομέα των αερομεταφορών.

Το **Κεφάλαιο 6** αποτελεί τη βιβλιογραφική ανασκόπηση η όποια έγινε σχετικά με τις επιπτώσεις του Ευρωπαϊκού Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις αερομεταφορές. Παρουσιάζονται οι κυριότερες σχετικές μελέτες που συντάχθηκαν και τα αποτελέσματα αυτών σχετικά με τις επιπτώσεις του συστήματος στο κόστος απόκτησης δικαιωμάτων, στη ζήτηση για αερομεταφορές, στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, στο υπάρχον σύστημα και στην οικονομία των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Το **Κεφάλαιο 7** αποτελεί το βασικό κεφάλαιο της Διπλωματικής Εργασίας αφού εδώ αναλύεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των οικονομικών επιπτώσεων του Ευρωπαϊκού Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις ελληνικές αεροπορικές εταιρείες και συγκεκριμένα στους δύο κύριους ελληνικούς αερομεταφορείς, την Olympic Air και την Aegean Airlines. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας σχετικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των δύο εταιρειών, τα τονοχιλιομετρικά δεδομένα, το κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων, την ποσοστιαία αύξηση των τιμών των εισιτηρίων και την πιθανή μεταβολή της ζήτησης λόγω της αύξησης αυτής. Επιπλέον, εξετάζεται η αντικατάσταση των μεγάλων αεροσκαφών που χρησιμοποιούνται στις πτήσεις εσωτερικού από μικρότερα αεροσκάφη καθώς και η αναμενόμενη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, συνεπώς και του κόστους απόκτησης των δικαιωμάτων.

Στο **Κεφάλαιο 8** παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας στις δύο ελληνικές αεροπορικές εταιρείες και από την αντικατάσταση των αεροσκαφών. Επίσης, παρατίθενται προτάσεις για περαιτέρω εξέλιξη του αντικείμενου της Διπλωματικής Εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

1.1 Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή σχετίζεται άμεσα με την υπερθέρμανση του πλανήτη, την αύξηση δηλαδή του φυσικού αποτελέσματος του θερμοκηπίου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που συνέβησαν τις τελευταίες δεκαετίες. Η αλλαγή του κλίματος έχει ήδη εμφανή αποτελέσματα που εκτείνονται από την αύξηση της θερμοκρασίας έως την άνοδο της στάθμης της θάλασσας ως αποτέλεσμα της τήξης των πολικών παγετών καθώς και τη συχνότερη εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων όπως είναι οι καταιγίδες και οι πλημμύρες.

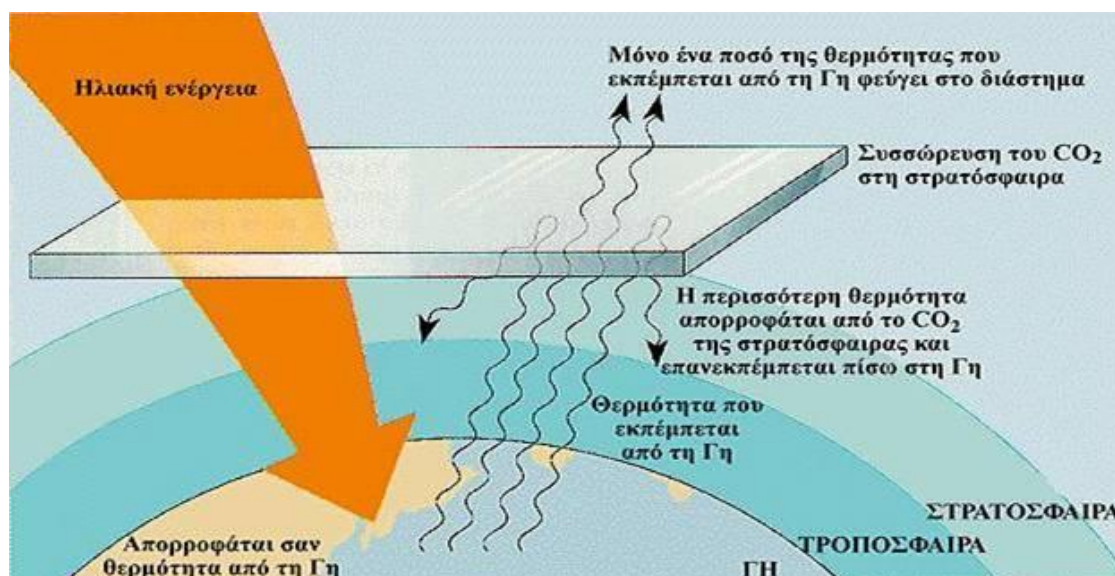
Με τον όρο κλιματική αλλαγή αποδίδεται η εμφάνιση στατιστικά σημαντικών διακυμάνσεων της μέσης κατάστασης του κλίματος ή της διακύμανσής του με διάρκεια δεκαετιών ή και περισσότερο. Στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC), η κλιματική αλλαγή ορίζεται ειδικότερα ως *«η μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, διακρίνοντας με αυτόν τον τρόπο, τον όρο από την κλιματική μεταβλητότητα που έχει φυσικά αίτια»*.

Οι κλιματικές αλλαγές οφείλονται σε φυσικές διαδικασίες, καθώς και σε ανθρώπινες δραστηριότητες με επιπτώσεις στο κλίμα, όπως η τροποποίηση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας. Οι κύριες επιπτώσεις από την αλλαγή του κλίματος είναι η αύξηση της θερμοκρασίας, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η μείωση του όγκου των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων. Οι αλλαγές αυτές περιορίζουν τα υδατικά αποθέματα λόγω της άνισης κατανομής των βροχοπτώσεων. Η υποχώρηση των παγετώνων έχει ήδη επιφέρει συνέπειες στην τροφοδοσία με νερό εκατομμυρίων ανθρώπων του πλανήτη. Μέχρι το 2030, η θερμοκρασία υπολογίζεται να αυξηθεί έως και 1,8 βαθμούς κελσίου ενώ μέχρι το 2080 έως και 4 βαθμούς ή και διπλάσια μεγέθη. Οι μεταβολές αυτές θα επιφέρουν με τη σειρά τους σοβαρές επιπτώσεις στην ακεραιότητα των οικοσυστημάτων, τη δημόσια υγεία, την προσφορά τροφής, τη βιομηχανία, τις γεωργικές καλλιέργειες, τις μεταφορές και τις υποδομές.

Το κύριο φαινόμενο που επηρεάζει την αλλαγή του κλίματος και προκαλείται συνδυαστικά από φυσικές διεργασίες και από ανθρώπινες δραστηριότητες είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ειδικότερα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια φυσική διαδικασία καθώς τα αέρια του θερμοκηπίου σχηματίζουν ένα στρώμα πάνω από το έδαφος της γης σε ένα ορισμένο ύψος, το οποίο αφού επιτρέπει την υπέρυθη ακτινοβολία του ήλιου να εισέλθει στην ατμόσφαιρα, απορροφάται κατά ένα μέρος από τη Γη και την ατμόσφαιρα. Η φυσική αυτή διαδικασία είναι εξαιρετικά σημαντική για τη διατήρηση της ζωής στη Γη καθώς χωρίς αυτή η μέση θερμοκρασία του πλανήτη θα ήταν -20°C.

Σήμερα η φυσική αυτή διεργασία βρίσκεται σε έξαρση με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και να διαταράσσεται το κλίμα παγκοσμίως. Η ένταση του φαινομένου οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες κυρίως από τον ενεργειακό, το βιομηχανικό, τον αγροτικό τομέα καθώς και από τους τομείς

των μεταφορών και της διαχείρισης των απορριμμάτων, οι οποίες εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου.



Σχήμα 1.1: Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου. [1]

1.2 Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Έχει εξακριβωθεί ότι ορισμένα αέρια της ατμόσφαιρας (γνωστά και ως *αέρια του θερμοκηπίου*), επιτρέπουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας προς τη Γη, ενώ αντίθετα απορροφούν και επανεκπέμπουν προς το έδαφος ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης. Αυτή η παγίδευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας (η οποία ειδικά θα χανόταν στο διάστημα) από τα συγκεκριμένα αέρια, ονομάζεται *φαινόμενο του θερμοκηπίου*. Πρόκειται για ένα γεωφυσικό φαινόμενο που είναι ουσιώδες και απαραίτητο για την ύπαρξη, διατήρηση και εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη. Χωρίς αυτόν το μηχανισμό η μέση θερμοκρασία της γης θα ήταν περίπου κατά 35°C χαμηλότερη, δηλαδή περίπου -20°C αντί για +15°C που είναι σήμερα και η ύπαρξη ζωής θα ήταν αδύνατη, τουλάχιστον στη μορφή που τη γνωρίζουμε σήμερα. Η ακτινοβολία που απορροφάται από την επιφάνεια της Γης αποτελεί μόνο το 51% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας. Από το υπόλοιπο 49%, το 4% ανακλάται από την επιφάνεια και επιστρέφει προς το διάστημα, το 26 % ανακλάται πίσω από τα νέφη και τα σωματίδια της ατμόσφαιρας και το 19 % απορροφάται από τα ατμοσφαιρικά αέρια, σωματίδια και νέφη.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, στις φυσικές του διαστάσεις, δεν είναι επιβλαβές, αντίθετα είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση των περιβαλλοντικών συνθηκών του πλανήτη. Το ανησυχητικό είναι η ενίσχυση του φαινομένου σαν αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές θερμοκηπικών αερίων αυξάνουν την υπέρυθρη ακτινοβολία που παγιδεύεται από την ατμόσφαιρα, επιδρώντας έτσι στο κλίμα της Γης. Το φυσικό επακόλουθο της αύξησης των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων από τον άνθρωπο είναι η ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και συνεπώς η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

1.2.1 Χρονολογικά γεγονότα του φαινομένου του θερμοκηπίου

1824 - Ο Ζοζέφ Φουριέ θέτει το θέμα του ρόλου που παίζει η ατμόσφαιρα της Γης στη θερμοκρασία του πλανήτη, καθώς και της επιπτώσεις της βιομηχανίας στο κλίμα.

1896 - Ο Σουηδός Σβάντε Αρρένιους υποστηρίζει ότι η θερμοκρασία του εδάφους επηρεάζεται από τα αέρια που συγκρατούν τη θερμότητα.

1941 - Ο Σέρβος Μιλουτίν Μιλάνκοβιτς υποστηρίζει ότι η μεταβολή της τροχιάς της Γης, μας φέρνει κάθε 40.000 χρόνια την εποχή των παγετώνων.

1957 - Ο Τσαρλς Ντέιβιντ Κίλινγκ μετράει την συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, από ένα παρατηρητήριο στη Χαβάη. Σε περίοδο έξι ετών, φαίνεται καθαρά η αύξηση της συγκέντρωσης του ποσοστού του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

1980 - Ο Σουηδός Μπερτ Μπολίν διαπιστώνει πως η θερμοκρασία της Γης αυξάνεται εδώ και ένα αιώνα.

1988 - Ο ΟΗΕ και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Μετεωρολογίας συστήνουν την Διακυβερνητική Ομάδα Ειδικών για την εξέλιξη του κλίματος (IPCC).

1992 - Στη σύνοδο του Ρίο 167 κράτη υπογράφουν τη μη δεσμευτική συνθήκη-πλαίσιο για τις κλιματικές αλλαγές.

1997 - Στο Κιότο της Ιαπωνίας 38 βιομηχανικές χώρες δεσμεύονται να μειώσουν ως το 2010 τις εκπομπές αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 5.2% (μέσος όρος) σε σχέση με το 1990.

2001 - Στη Βόννη της Γερμανίας, γίνεται το πρώτο βήμα για την επικύρωση του πρωτοκόλλου του Κιότου, χωρίς τη συμμετοχή των ΗΠΑ, αλλά με την συμμετοχή της Ιαπωνίας, Ρωσίας, των χωρών της ΕΕ, συνολικά 178 χώρες.

1.2.2 Αέρια του θερμοκηπίου

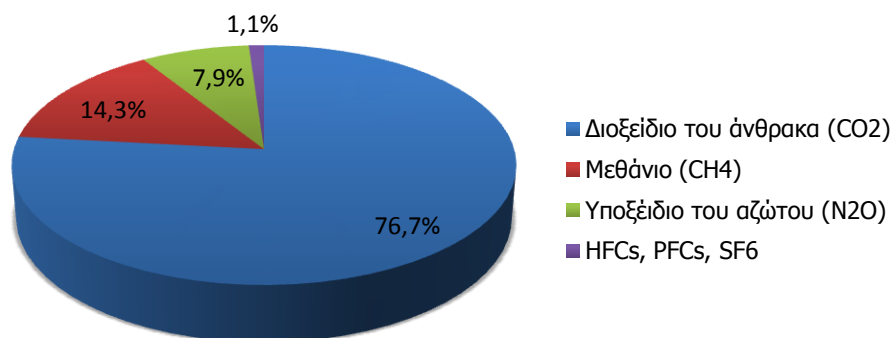
Όλα τα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αναφέρονται συνολικά με τον όρο *αέρια του θερμοκηπίου*. Απορροφούν την μεγάλη μήκους κύματος γήινη ακτινοβολία και επανεκπέμπουν θερμική ακτινοβολία θερμαίνοντας την επιφάνεια. Τα αέρια του θερμοκηπίου οφείλονται γενικά σε δύο αιτίες. Μια πηγή είναι το οικοσύστημα που παράγει φυσικά αέρια του θερμοκηπίου και η άλλη οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα φυσικά αέρια του θερμοκηπίου παράγονται με φυσικές και βιομηχανικές διαδικασίες, ενώ η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα μειώνει την απώλεια θερμότητας στο διάστημα και επομένως συμβάλλει στις σφαιρικές θερμοκρασίες μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Οι υδρατμοί (H_2O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), το μεθάνιο (CH_4), και το όζον (O_3) είναι τα αρχικά αέρια

θερμοκηπίου στη γήινη ατμόσφαιρα. Τα ανθρωπογενή αέρια του θερμοκηπίου, δηλαδή αυτά που απελευθερώνονται μέσω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων είναι αποτέλεσμα της δραστηριότητας διάφορων τομέων όπως της καύσης ορυκτών καυσίμων, της κτηνοτροφίας και της γεωργίας. Στα ανθρωπογενή αέρια περιλαμβάνονται το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), το μεθάνιο (CH_4), το όζον (O_3) αλλά και αέρια κατασκευασμένα από τον άνθρωπο, όπως αλογόνα (βρώμιο, χλώριο) μαζί με άνθρακα (halocarbons) εξαφθοριούχο θείο (sulphur hexafluoride, SF_6), φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες ή υδροφθοράνθρακες (hydrofluorocarbons, HFCs) και υπερφθοράνθρακες (perfluorocarbons, PFCs).

Συγκεντρωτικά τα αέρια του θερμοκηπίου είναι:

- Υδρατμοί (H_2O)
- Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- Μεθάνιο (CH_4)
- Όζον (O_3)
- Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)
- Υδροφθοράνθρακες (HFCs)
- Υπερφθοράνθρακες (PFCs)
- Εξαφθοριούχο θείο (SF_6)

Στο σχήμα 1.2 φαίνεται η συνεισφορά των ανθρωπογενών αερίων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η συμβολή του διοξειδίου του άνθρακα είναι σαφώς μεγαλύτερη με ποσοστό 82%, ακολουθεί το μεθάνιο σε ποσοστό 10%, το υποξείδιο του αζώτου με 6% και τα υπόλοιπα αέρια (HFCs, PFCs και SF_6) με ποσοστό 2%.



Σχήμα 1.2: Συμβολή των αερίων του θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (2004). [2]

Στον πίνακα 1.1 [3] παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των κυριότερων αερίων του θερμοκηπίου σε ppm (μέρη ανά εκατομμύριο, parts per million) και σε ppb (μέρη ανά δισεκατομμύριο, parts per billion) για τα έτη 1750 και 2009, καθώς και το ποσοστό μεταβολής τους στη διάρκεια της περιόδου αυτής.

Πίνακας 1.1: Συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου τα έτη 1750 και 2009. [3]

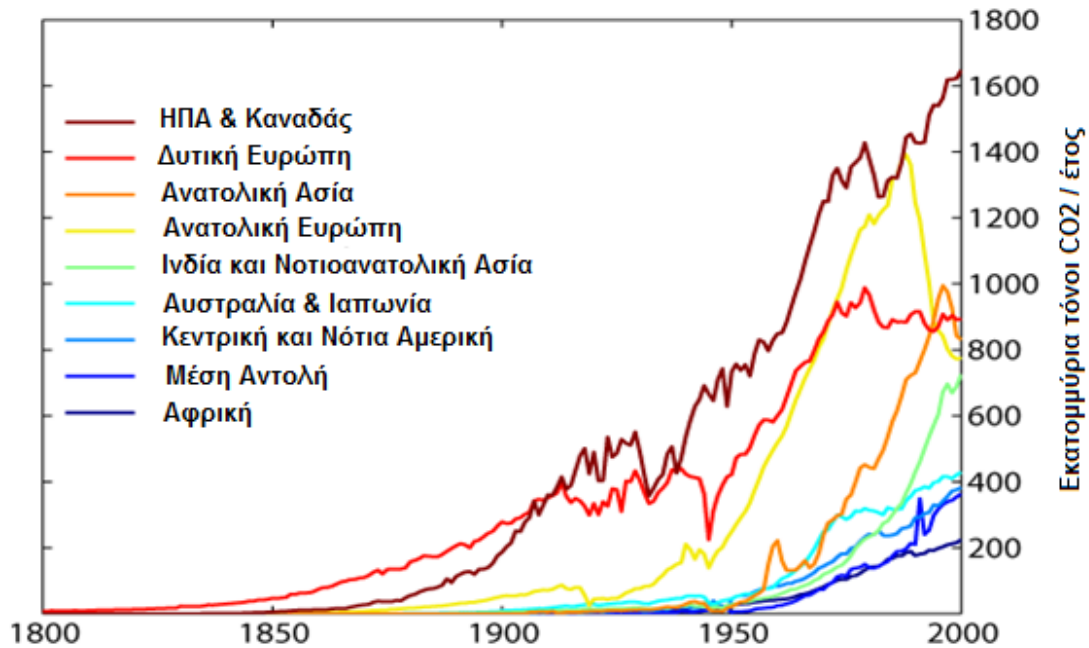
Αέριο	Έτος		Ποσοστό Μεταβολής
	1750 Συγκέντρωση	2009 Συγκέντρωση	
CO ₂	280 ppm	386 ppm	38%
CH ₄	700 ppb	1790 ppb	156%
N ₂ O	270 ppb	322 ppb	19%
O ₃	25 ppb	34 ppb	36%

Υδρατμοί (H₂O)

Το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου είναι οι υδρατμοί οι οποίοι ευθύνονται περίπου για τα δύο τρίτα του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στην ατμόσφαιρα τα μόρια νερού δεσμεύουν τη θερμότητα που εκπέμπει η Γη και έπειτα την εκπέμπουν εκ νέου προς όλες τις κατευθύνσεις θερμαίνοντας έτσι την επιφάνεια της πριν επιστρέψουν τελικά στο διάστημα. Οι υδρατμοί της ατμόσφαιρας αποτελούν τμήμα του υδρολογικού κύκλου, ενός κλειστού συστήματος κυκλοφορίας του νερού το οποίο είναι διαθέσιμο σε πεπερασμένες ποσότητες στη γη, από τους ωκεανούς και το έδαφος στην ατμόσφαιρα και από εκεί πίσω στο έδαφος μέσω της εξάτμισης, της αναπνοής, της συμπύκνωσης και της κατακρήμνισης. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες δεν αυξάνουν τους υδρατμούς στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο ο θερμότερος αέρας μπορεί να κατακρατήσει πολύ περισσότερη υγρασία και συνεπώς οι αυξημένες θερμοκρασίες εντείνουν περαιτέρω τις κλιματικές αλλαγές.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

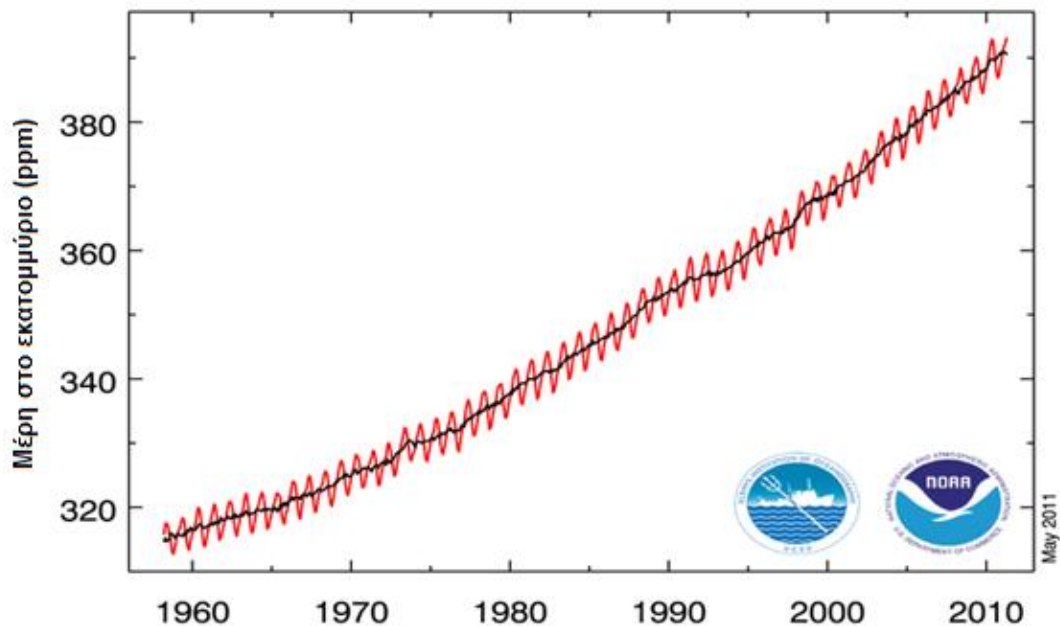
Η συνεισφορά του διοξειδίου του άνθρακα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι καταλυτική. Εκλύεται άμεσα στην ατμόσφαιρα από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και έμμεσα από την εκχέρωση δασικών εκτάσεων. Στις βιομηχανικές χώρες αποτελεί τουλάχιστον το 80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με τις επιστημονικές μελέτες της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), οι μέσες ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τη χρήση των ορυκτών καυσίμων αυξήθηκαν από 23.5 GtCO₂ τη δεκαετία του 1990 σε 26.4 GtCO₂ την περίοδο 2000-2005 (αύξηση 12%). Όσον αφορά τις μέσες ετήσιες εκπομπές από την εκχέρωση των δασικών εκτάσεων, αυτές εκτιμήθηκαν στα 5.9 GtCO₂ την δεκαετία του 1990. Οι ίδιες μελέτες μέτρησαν και την συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και έδειξαν ότι έχει αυξηθεί κατά 100 ppm σε σύγκριση με τα επίπεδα της προ-βιομηχανικής εποχής φτάνοντας τα 379 ppm το 2005, με μέσα ετήσια αύξηση την περίοδο 2000-2005 μεγαλύτερη από αυτή την δεκαετία του 1990.



Σχήμα 1.3: Ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (σε τόνους) ανά γεωγραφικό διαμέρισμα από το 1800 μέχρι το 2000.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις, αν συνεχίσει ο ίδιος ρυθμός αύξησης των καύσεων στον πλανήτη, η συγκέντρωση του CO₂ το έτος 2030 θα έχει διπλασιαστεί. Μία τέτοια αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ πιθανολογείται ότι θα προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3 – 5 °C. Όμως, ακόμη και αν σταματήσει η αυξανόμενη εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, η αποκατάστασή του στα επιθυμητά επίπεδα θα καθυστερήσει πολύ. Το διοξείδιο του άνθρακα έχει χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα 5 – 7 χρόνια. Οι συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι γνωστές με ακρίβεια από το 1958 αλλά, με βάση μετρήσεις στον πάγο και των ισοτόπων του άνθρακα στους δακτυλίους των δέντρων, έχουν υπολογιστεί και για τις τελευταίες χιλιετίες. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας περιόδου των παγετώνων, οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα προσδιορίστηκαν στα 200 ppm αλλά, στο τέλος της περιόδου αυτής, πριν περίπου 15.000 χρόνια, βρέθηκε ότι εκτοξεύτηκαν στα 280 ppm. Ήταν η περίοδος που η Γη άρχισε να ζεσταίνεται και σε λιγότερο από 10.000 χρόνια εξελίχθηκε από ένα πλανήτη στον οποίο πολύ μεγάλα ποσοστά της επιφάνειάς του ήταν καλυμμένα με πάγο, στον σημερινό, που ουσιαστικά είναι ελεύθερος από πάγους.

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα μετράται με πολύ καλή ακρίβεια από το 1957 σε δύο σταθμούς στον κόσμο. Ο πρώτος βρίσκεται στο Mauna Loa στη Χαβάη και ο δεύτερος στο Νότιο Πόλο. Και οι δύο σταθμοί παρέχουν σημαντικότερες πληροφορίες για τη διαχρονική εξέλιξη του διοξειδίου του άνθρακα καθώς και άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Από τις μετρήσεις αυτές φαίνεται καθαρά η ανοδική πορεία της συγκέντρωσης του CO₂.



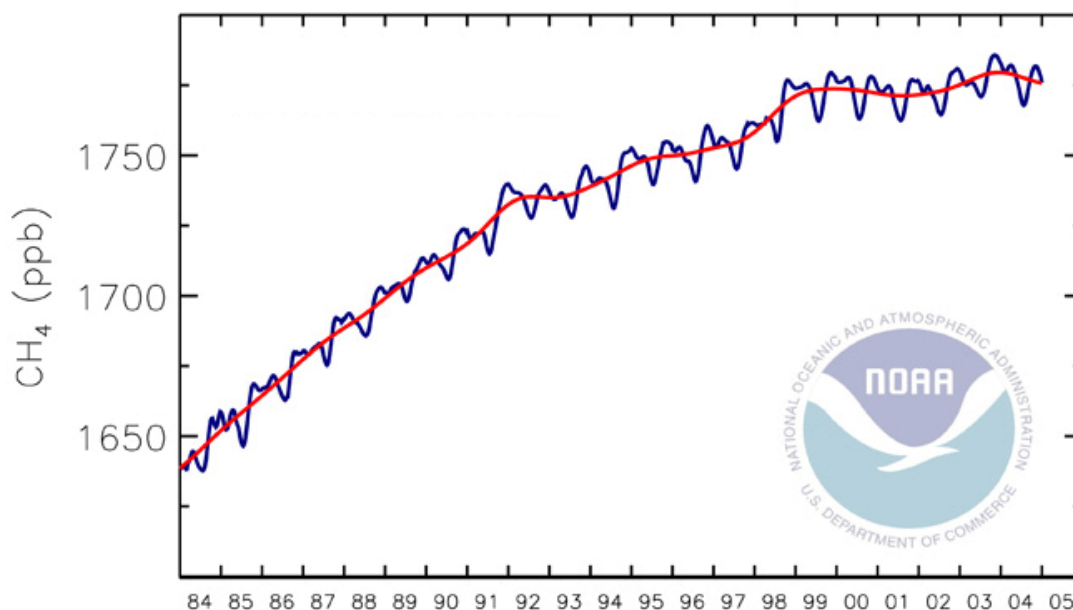
Σχήμα 1.4: Μεταβολή της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) σε ppm (μέρη ανά εκατομμύριο) από το 1960, με βάσει τις μετρήσεις του παρατηρητηρίου Mauna Loa. [4]

Το κατά πόσο μπορεί να προβλεφθεί η μελλοντική εξέλιξη των συγκεντρώσεων του CO_2 , εξαρτάται από την ικανότητα εκτίμησης της ποσότητας των ορυκτών καυσίμων που θα καταναλωθούν κατά τα επόμενα έτη και του ποσοστού του εκπεμπόμενου CO_2 που θα παραμείνει στην ατμόσφαιρα. Αν η παγκόσμια κατανάλωση καυσίμων συνεχιστεί με τον ίδιο ρυθμό, εκτιμάται ότι θα παρατηρείται αύξηση του CO_2 κατά περίπου 4% ανά δεκαετία. Συγχρόνως όμως, αναμένεται μία ελάττωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων σαν συνέπεια της αυξανόμενης χρήσης των ήπιων μορφών ενέργειας. Επίσης, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε τη σημαντική συνεισφορά των ωκεανών στα επίπεδα του CO_2 . Οι ωκεανοί λειτουργούν σαν μια τεράστια αποθήκη διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο δεσμεύεται από το φυτοπλαγκτόν κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης. Με το θάνατο των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, ένα μεγάλο ποσοστό του παραμένει κάτω από την επιφάνεια των ωκεανών. Μια αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας (λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου) ενδέχεται να οδηγήσει σε άνθηση του φυτοπλαγκτόν και κατά συνέπεια σε αύξηση της δέσμευσης του ατμοσφαιρικού CO_2 . Παρόλα αυτά, δεν αναμένεται ο ρυθμός αύξησης του CO_2 στην ατμόσφαιρα να γίνει μικρότερος από 2% ανά δεκαετία, για τις πρώτες δεκαετίες του 21ου αιώνα.

Μεθάνιο (CH_4)

Το μεθάνιο είναι ένα από τα αέρια που συνεισφέρουν σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και είναι κατά 21 φορές δραστικότερο (σε χρονικό ορίζοντα 100 ετών) από το διοξείδιο του άνθρακα, ως προς την ικανότητα παγίδευσης της θερμότητας. Οι εκπομπές μεθανίου από φυσικές πηγές καθορίζονται κυρίως από παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και οι ποσότητες

των κατακρημνίσεων ενώ ο άνθρωπος συμβάλλει στην εκπομπή μεθανίου με τις αγροτικές (κτηνοτροφία, καλλιέργειες) και τις βιομηχανικές δραστηριότητες.



Σχήμα 1.5: Μεταβολή της συγκέντρωσης του μεθανίου (CH_4) σε ppb, από το 1984. [5]

Σύμφωνα με την IPCC η ατμοσφαιρική συγκέντρωση μεθανίου έχει αυξηθεί από 715 ppb την προβιομηχανική εποχή σε 1732 ppb τη δεκαετία του 1990 (αύξηση 142%) και έφτασε τα 1774 ppb το 2005 (αύξηση 2.4%). Το μεθάνιο έχει διάρκεια ζωής 10 χρόνια και το ποσοστό συνεισφοράς του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου εκτιμάται ότι είναι 10 – 20%.

Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)

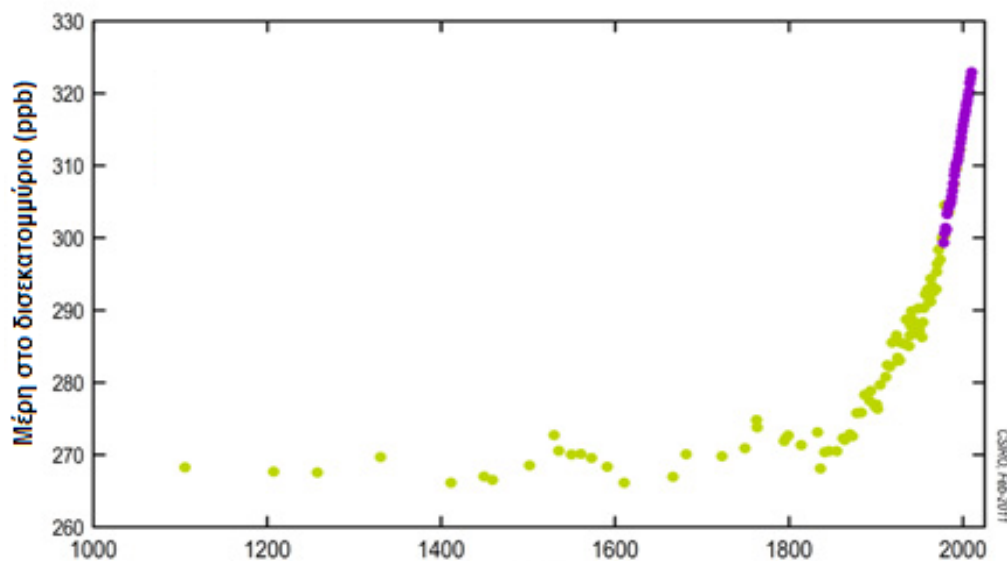
Οι επιστήμονες ήδη από τη δεκαετία του 1970 ήξεραν ότι το υποξείδιο του αζώτου επιδρά στο όζον, αλλά είχαν υποτιμήσει σοβαρά μέχρι τώρα την καταστροφικότητά του. Όμως, αυτό το αέριο είναι το τρίτο ταχύτερα αναπτυσσόμενο αέριο στην ατμόσφαιρα. Το εκπεμπόμενο αέριο ανυψώνεται στη στρατόσφαιρα, όπου το μεγαλύτερο μέρος του διασπάται από την ηλιακή ακτινοβολία σε αβλαβή μόρια αζώτου και οξυγόνου. Όμως ένα τμήμα του δεν διασπάται και μπορεί να παραμείνει επί εκατοντάδες χρόνια στην ατμόσφαιρα, όπου αντιδρά με υψηλής ενέργειας άτομα οξυγόνου και παράγει μια πιο καταστροφική ουσία, το μονοξείδιο του αζώτου, το οποίο καταστρέφει το όζον.

Το στρώμα του όζοντος προστατεύει τους ανθρώπους, τα ζώα και τα φυτά από τις βλαβερές συνέπειες της υπεριώδους ακτινοβολίας του ήλιου και η αραιώσή του μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ζημιές στις γεωργικές καλλιέργειες και στους θαλάσσιους οργανισμούς, καθώς και μεγαλύτερο κίνδυνο για καρκίνο του δέρματος στους ανθρώπους.

Η δυνατότητα του υποξειδίου του αζώτου να καταστρέφει το στρατοσφαιρικό όζον, είναι ανάλογη με αυτήν πολλών χλωροφθορανθράκων. Οι χλωροφθορανθράκες είναι σημαντικά αέρια του θερμοκηπίου με ιδιαίτερα ζημιογόνες για το περιβάλλον ιδιότητες. Για το λόγο αυτό, το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ του 1987 πέτυχε να απαγορεύσει την χρήση των

χλωροφθορανθράκων που κατέστρεφαν το όζον. Επειδή όμως οι εκπομπές του υποξειδίου του αζώτου δεν περιορίζονται από καμία διακρατική συμφωνία, καθώς η επικινδυνότητά του αερίου είχε υποτιμηθεί μέχρι τώρα τόσο από τους επιστήμονες όσο και από τις κυβερνήσεις, είναι πολύ πιθανό το αέριο αυτό να παραμείνει η κυριότερη αιτία καταστροφής του όζοντος στη διάρκεια όλου του 21^{ου} αιώνα.

Το υποξείδιο του αζώτου δημιουργείται από τα αζωτούχα λιπάσματα στο χώμα, την κοπριά των ζώων, την επεξεργασία των αποβλήτων και λυμάτων, τις καύσεις βιομάζας και ορυκτών καυσίμων, καθώς και ορισμένες βιομηχανικές διαδικασίες που εμπλέκουν το άζωτο. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι υπεύθυνες για το ένα τρίτο περίπου των συνολικών εκπομπών υποξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Τα υπόλοιπα δύο τρίτα παράγονται με φυσικό τρόπο, όταν τα βακτήρια στο έδαφος και τους ωκεανούς διασπούν τις ενώσεις που περιέχουν άζωτο. Η συγκέντρωση του αυξήθηκε κατά 18% το 2005 σε σχέση με την προβιομηχανική το ενώ ο ρυθμός αύξησης παραμένει σταθερός από το 1980. Το υποξείδιο του αζώτου είναι μη τοξικό, μπορεί να παραμείνει στην ατμόσφαιρα μέχρι και 170 χρόνια και η συνεισφορά του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι περίπου 4%-6% ενώ είναι κατά 310 φορές πιο αποτελεσματικό στη δέσμευση της θερμότητας από ότι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2).



Σχήμα 1.6: Μεταβολή της συγκέντρωσης του υποξειδίου του αζώτου (N_2O). [8]

Το όζον της Γης, μετά την ολοσχερή διακοπή της χρήσης χλωροφθορανθράκων το 1996, βρίσκεται σε φάση αποκατάστασης, τόσο όσον αφορά την “τρύπα” πάνω από τους πόλους, όσον και όσον αφορά το στρώμα του γύρω από όλο τον πλανήτη. Όμως η ανεξέλεγκτη αύξηση του υποξειδίου του αζώτου μπορεί να οδηγήσει και πάλι σε μείωση της συγκέντρωσης του όζοντος και συνεπώς σε επιδείνωση της κατάστασης στο μέλλον. Σημειωτέον ότι κάθε χρόνο, λόγω των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, εκπέμπονται περίπου 10 εκατομμύρια τόνοι υποξειδίου του αζώτου, έναντι μόλις ενός εκατομμυρίου τόνων χλωροφθορανθράκων.

Τροποσφαιρικό όζον (O_3)

Το 75% σχεδόν του τροποσφαιρικού όζοντος παράγεται με τη φωτοχημική δράση του ηλιακού φωτός σε αέριους ρύπους όπως τα οξειδία του αζώτου και οι υδρογονάνθρακες. Η ετήσια αύξησή του φτάνει το 2%, ενώ ο χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα δεν ξεπερνάει τις 3 εβδομάδες. Το ποσοστό συνεισφοράς του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι 10 – 12%.

Εξαφθοριούχο θείο (SF_6)

Σύμφωνα με την IPCC, το εξαφθοριούχο θείο είναι ένα από τα πιο ισχυρά αέρια του θερμοκηπίου ενώ η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί από 0.2 ppt (μέρη στο τρισεκατομμύριο, parts per trillion) σε 7 ppt το 2010. Η αύξηση αυτή ήταν εντονότερη μεταξύ της δεκαετίας 1980 και 1990 ως αποτέλεσμα της χρήσης του στην παραγωγή μαγνησίου και στην κατασκευή ηλεκτρικών ειδών. Επιπλέον, πρόκειται για μία πολύ σταθερή ένωση με χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα από 800 μέχρι 3200 έτη. Σε σύγκριση με το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το εξαφθοριούχο θείο συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου λιγότερο από 0.2%.

Υδροφθοράνθρακες (HFC's)

Οι υδροφθοράνθρακες είναι ισχυρότατα αέρια του θερμοκηπίου και είναι η συνηθέστερη ομάδα φθοριούχων αερίων. Χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς και εφαρμογές, όπως ως ψυκτικά μέσα σε εξοπλισμό ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας, ως διογκωτικοί παράγοντες για αφρούς, ως μέσα πυρόσβεσης, προωθητικά αερολυμάτων και διαλύτες. Ο χρόνος ζωής τους εκτιμάται στα 1,4 με 270 έτη και η συμβολή τους στο αέριο του θερμοκηπίου στο 1.4%.

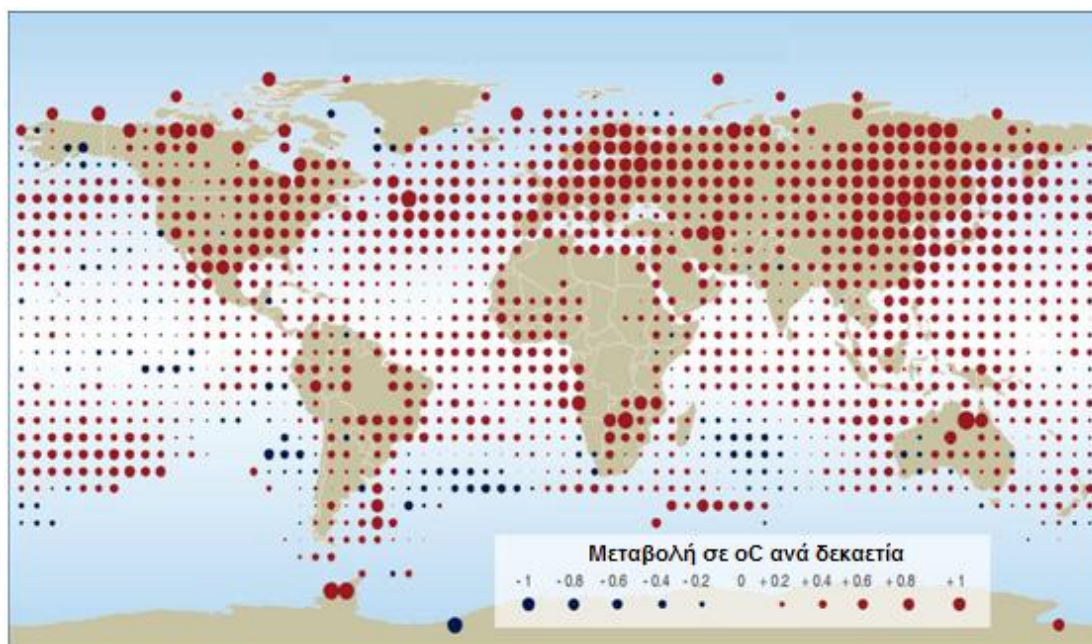
Υπερφθοράνθρακες (PFC's)

Προέρχονται από την παραγωγή αλουμινίου και έχουν διάρκεια ζωής περίπου 1000 έτη. Συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 0.1%.

1.3 Συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου

1.3.1 Θερμοκρασία

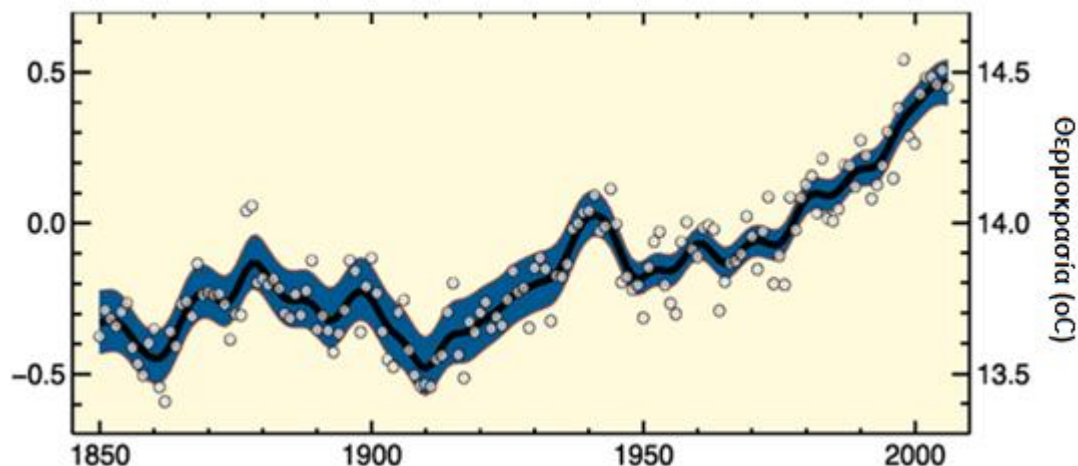
Η εμφάνιση της κλιματικής αλλαγής γίνεται αντιληπτή κατά κύριο λόγο από την αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία αποτελεί και το βασικό παράγοντα πρόκλησης των υπολοίπων αρνητικών επιδράσεων της αλλαγής του κλίματος. Η παγκόσμια ατμοσφαιρική θερμοκρασία είναι αποτέλεσμα της ανταγωνιστικής δράσης των παραγόντων που προκαλούν θέρμανση και ψύξη της επιφάνειας της Γης. Το τελικό αποτέλεσμα σαφώς και διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Επίσης η ανταγωνιστική δράση των παραπάνω παραγόντων επιφέρει αβεβαιότητα στις προβλέψεις για το τι πρόκειται να συμβεί στο μέλλον καθώς η ποσότητα των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα συνεχίζει να αυξάνεται.



Σχήμα 1.7: Μεταβολή της θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης σε $^{\circ}\text{C}$ ανά δεκαετία την περίοδο 1976-2000. [2]

Σύμφωνα με έκθεση της IPCC για την κλιματική αλλαγή (2007), η μέση παγκόσμια θερμοκρασία (υπολογίζεται ως η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας κοντά στην επιφάνεια τόσο της ξηράς όσο και της θάλασσας) έχει αυξηθεί από το 1861. Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα η αύξηση ήταν περίπου 0.6°C . Βέβαια θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει μεγάλη διακύμανση κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα αλλά η τάση αύξησης είναι σαφής. Επιπλέον υποστηρίζεται ότι σε παγκόσμιο επίπεδο η δεκαετία 1990 ήταν η θερμότερη του 20^{ου} αιώνα. Οι αναλύσεις των μετεωρολογικών δεδομένων αποδεικνύουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας στο βόρειο ημισφαίριο για τον 20^ο αιώνα πιθανόν να ήταν η μεγαλύτερη σε σχέση με τους προηγούμενους αιώνες για τα τελευταία 1000 χρόνια. Το ίδιο ισχύει και για την δεκαετία 1990.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.8 [2] η αύξηση της θερμοκρασίας παγκοσμίως τον 20^ο αιώνα είναι εμφανής.

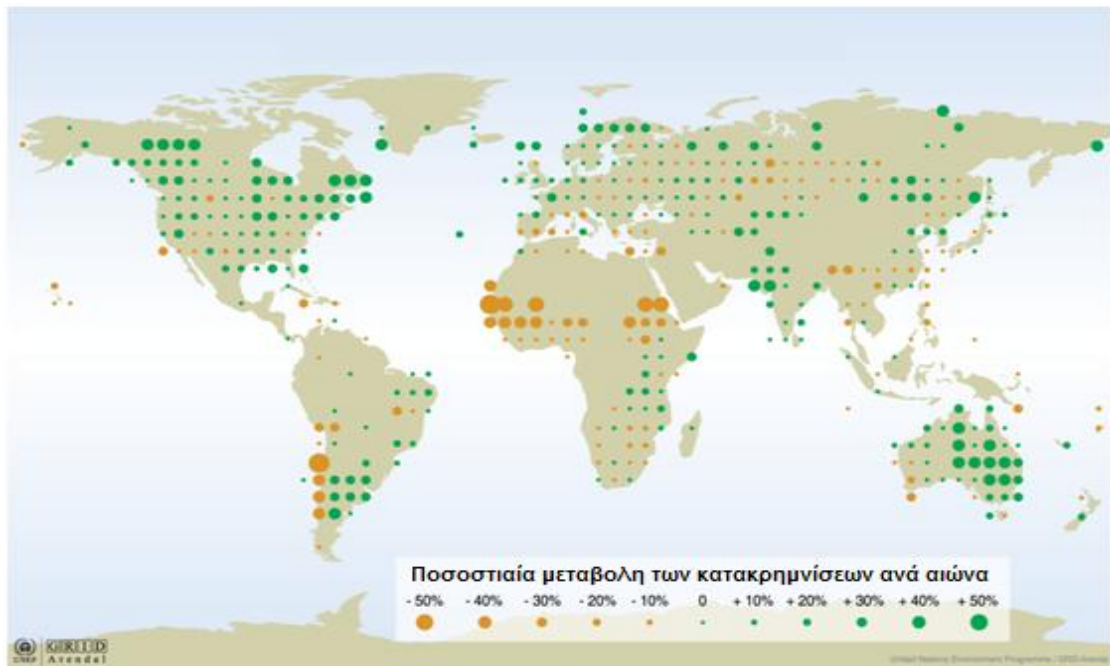


Σχήμα 1.8: Διακύμανση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης από το 1850. [2]

Μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης μπορεί να επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στην ξηρά. Ένα προφανές συμπέρασμα είναι ότι θα υπάρχουν περισσότερες θερμές και λιγότερες ψυχρές μέρες. Αυτό θα μπορούσε να έχει διαφορετικές επιπτώσεις σε διαφορετικές περιοχές. Περισσότερες θερμές μέρες σε περιοχές με ήδη υψηλές θερμοκρασίες θα μπορούσε να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα επιβίωσης στα φυτά, ζώα, ακόμη και στους ανθρώπους. Εύκρατα κλίματα μπορούν να εξαπλωθούν προς βόρεια, ενώ περιοχές με ήδη εύκρατο κλίμα να αποκτήσουν θερμά και ξηρά κλίματα.

1.3.2 Υετός

Ένα άλλο σημαντικό αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής είναι η μεταβολή των ιδιοτήτων των κατακρημνίσεων που επικρατούν σε μια περιοχή. Για παράδειγμα η συχνότητα των βροχοπτώσεων μπορεί να μεταβληθεί, οι ξηρασίες μπορεί να έχουν μεγαλύτερη ένταση, ενώ η παρατεταμένη βροχόπτωση μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα.



Σχήμα 1.9: Ποσοστιαία μεταβολή των κατακρημνίσεων ανά αιώνα την περίοδο 1900-2000. [2]

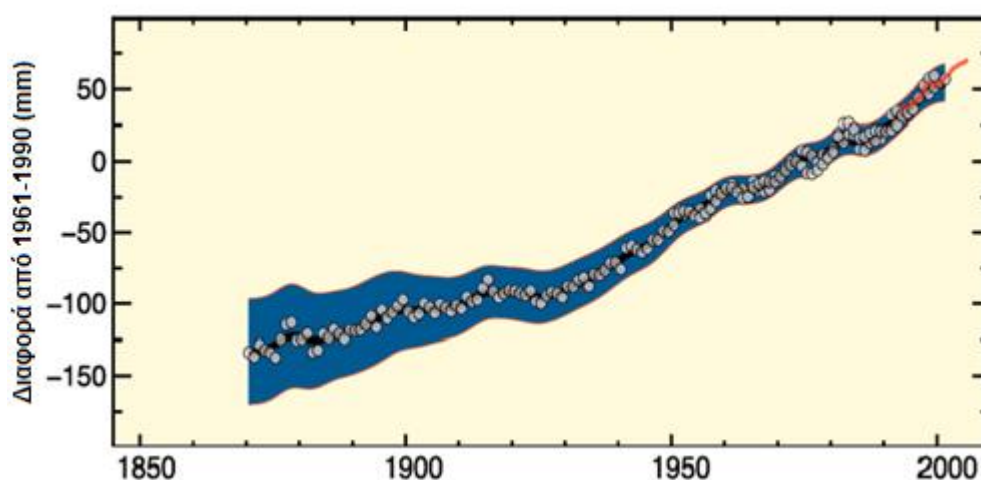
Από το παραπάνω σχήμα διαπιστώνεται ότι οι κατακρημνίσεις στην περιοχή του Ισημερινού έχουν μειωθεί σημαντικά τον 20^ο αιώνα. Παρόλα αυτά για τις υπόλοιπες ηπειρωτικές περιοχές, ιδιαίτερα στα μεσαία και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη τόσο του Βορείου και του Νοτίου ημισφαιρίου, συμπεραίνεται ότι υπάρχει αύξηση των κατακρημνίσεων. Σύμφωνα με την έκθεση της IPCC, είναι πιθανόν ο υετός (βροχή, χιόνι κ.α.) να έχει αυξηθεί κατά 0,5 ως και 1% ανά δεκαετία του 20^{ου} αιώνα στα μεσαία και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη του Βορείου ημισφαιρίου. Αντίθετα εκτιμάται ότι οι βροχοπτώσεις έχουν μειωθεί κατά περίπου 0.3% ανά δεκαετία του 20^{ου} αιώνα στις ηπειρωτικές υποτροπικές περιοχές του βορείου ημισφαιρίου, όπως διαπιστώνεται από το σχήμα. Επίσης αναφέρεται ότι στα μεσαία και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη του βόρειου ημισφαιρίου στο δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα παρατηρήθηκε αύξηση κατά 2 ως 4% στη συχνότητα εμφάνισης εντόνων βροχοπτώσεων. Η αύξηση αυτή αποδίδεται σε διάφορους λόγους, όπως αλλαγές στην ατμοσφαιρική υγρασία, στις μεγάλης διάρκειας καταιγίδες κ.α. Εξάλλου αξ σημειωθεί ότι σε μερικές περιοχές της Ασίας και της Αφρικής η συχνότητα και η ένταση εμφάνισης ξηρασίας έχει σημειώσει αύξηση τις τελευταίες δεκαετίες.

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι μέχρι τώρα δεν έχει παρατηρηθεί σαφής τάση μεταβολής στις βροχοπτώσεις. Παρόλα αυτά, υποθέτοντας ότι ο πλανήτης θα θερμανθεί κατά 1-3,5°C για τα επόμενα 100 χρόνια, τα κλιματικά μοντέλα υπολογίζουν ότι τα φαινόμενα της εξάτμισης και του υετού θα ενταθούν. Επίσης αναμένεται οι βροχοπτώσεις και οι χιονοπτώσεις να αυξηθούν σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Με τη σειρά τους οι έντονες και συνεχείς βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις μπορούν να επηρεάσουν τόσο το φυσικό περιβάλλον (οικοσυστήματα, στάθμη της θάλασσας), όσο και το ανθρωπογενές (κοινωνία, οικονομία).

1.3.3 Ανύψωση της στάθμης της θάλασσας

Η στάθμη της θάλασσας λόγω της κλιματικής αλλαγής θα ανέλθει για δύο λόγους. Πρώτον, εξαιτίας των υψηλότερων θερμοκρασιών, το νερό που είναι αποθηκευμένο στους πάγους θα λιώσει, προσθέτοντας επιπλέον νερό στους ωκεανούς. Δεύτερον, η αύξηση της θερμοκρασίας, ως γνωστόν προκαλεί αύξηση του όγκου του νερού, επιβάλλοντας στο νερό των ωκεανών κατά τον ίδιο τρόπο να καταλαμβάνει περισσότερο χώρο, προκαλώντας περαιτέρω ανύψωση της στάθμης της θάλασσας. Αυτό μπορεί να επιφέρει πλημμύρες σε διάφορες παράκτιες περιοχές μέχρι και πλήρη και μόνιμη κάλυψη αυτών. Επίσης αναμένεται ότι η μορφολογία της ξηράς θα μεταβληθεί σε μερικές νησιωτικές χώρες, όπως το Μπαγκλαντές, λόγω της ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας.



Σχήμα 1.10: Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας σε mm κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα. [2]

Η μέση παγκόσμια στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί από 10 ως 25 cm τα τελευταία 100 χρόνια. Είναι πιθανόν ότι αυτή η αύξηση σχετίζεται με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας από το 1860. Η μελλοντική αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας αναμένεται 2 ως 5 φορές μεγαλύτερη από την παρατηρούμενη τα τελευταία 100 χρόνια. Το ποσοστό, το εύρος και η κατεύθυνση της αύξησης της μέσης στάθμης της θάλασσας θα διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και θα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της παράκτιας περιοχής, τις αλλαγές στα ρεύματα των ωκεανών, από τις διαφορές των χαρακτηριστικών των παλιρροιών, της πυκνότητας της θάλασσας και των κατακόρυφων μετακινήσεων της ξηράς. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι η στάθμη της θάλασσας αναμένεται να συνεχίζει να αυξάνεται για τους επόμενους αιώνες, ακόμα και όταν οι ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες σταθεροποιηθούν.

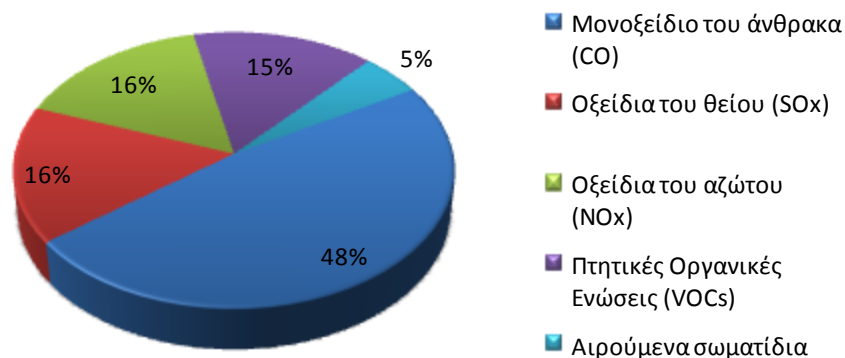
Η αναμενόμενη αύξηση της στάθμης της θάλασσας αναμένεται να πλήξει τις παράκτιες ζώνες, τις πιο ευάλωτες περιοχές και ειδικότερα τις αναπτυσσόμενες χώρες, επιφέροντας σημαντική απώλεια της ξηράς. Επίσης, σημαντική θα είναι η επιδείνωση που θα παρατηρηθεί στην επέκταση της διάβρωσης των παρακτίων περιοχών και στην εμφάνιση πλημμύρων.

1.4 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Ατμοσφαιρική ρύπανση καλείται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια, που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της δομής, της σύστασης και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του. Το μεγαλύτερο μέρος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης προέρχεται από φυσικούς παράγοντες (θάλασσα, εξάτμιση υγρών σωματιδίων, φυτά, ηφαιστειακές εκρήξεις κ.α.) αλλά οι επικίνδυνες συγκεντρώσεις που δημιουργούν το πρόβλημα της ρύπανσης οφείλονται στις βιομηχανικές και αστικές δραστηριότητες και γενικά στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες (μεταλλουργία, βιομηχανία ορυκτών, κατασκευές, μεταφορές κ.α.). Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι:

- Αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10} , $PM_{2.5}$)
- Διοξείδιο του θείου (SO_2)
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Οξείδια του αζώτου (NO_x)
- Πτητικές Οργανικές Ενώσεις ($VOCs$)

Στο παρακάτω σχήμα εμφανίζεται η κατανομή των ρύπων που εκπέμπονται από ανθρωπογενείς πηγές στην ατμόσφαιρα.



Σχήμα 1.11: Ποσοστιαία κατανομή των ρύπων στην ατμόσφαιρα. [9]

Αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10} , $PM_{2.5}$)

Ο όρος αιωρούμενα σωματίδια PM (Particulate Matter) χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα μίγμα από στερεά σωματίδια και υγρά αερολύματα, τα οποία ανιχνεύονται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Στον όρο αυτό περιλαμβάνεται η σκόνη, η γύρη και ο καπνός. Ως αιωρούμενα σωματίδια θεωρούνται τα στερεά σωματίδια και σταγονίδια που η διάμετρός τους είναι μεγαλύτερη των μορίων περίπου 2 nm και μικρότερη των $200\text{ }\mu\text{m}$. Ο χρόνος ζωής των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα κυμαίνεται μεταξύ ολίγων ημερών για σωματίδια μεγάλου μεγέθους ($>2\text{ }\mu\text{m}$) και ολίγων εβδομάδων για σωματίδια μικρού

μεγέθους ($<2 \mu\text{m}$). Τα σωματίδια παραμένουν στον αέρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα και μπορούν να μεταφέρονται με τη βοήθεια του ανέμου σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή εκπομπής τους. Ανάλογα με το μέγεθός τους μπορεί να είναι ορατά ή να ανιχνεύονται μόνο με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Τα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία κατά κύριο λόγο συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση, είναι αυτά που η διάμετρός τους είναι μικρότερη από $10 \mu\text{m}$ και συμβολίζονται PM_{10} . Τα σωματίδια αυτά χωρίζονται παραπέρα σε δύο κατηγορίες. Σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των $2,5 \mu\text{m}$ αποκαλούνται λεπτά ή μικρά (fine) και αυτά με διάμετρο μεγαλύτερη των $2,5 \mu\text{m}$ είναι τα χοντρά ή τα μεγάλα (coarse). Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί μεγάλη σημασία στα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα με διάμετρο μικρότερη από $2,5 \mu\text{m}$ και $1 \mu\text{m}$, ή αλλιώς τα σωματίδια $\text{PM}_{2,5}$ και PM_1 , εξαιτίας του μεγάλου αριθμού τους, αλλά και της ευκολίας τους να εισέρχονται στα αναπνευστικό σύστημα και στη συνέχεια, μέσω των πνευμόνων, στην κυκλοφορία του αίματος. Τα σωματίδια PM_{10} (εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια) και $\text{PM}_{2,5}$ (αναπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια) θεωρούνται ρύποι κριτήρια. Ρύποι κριτήρια θεωρούνται οι ρύποι, για τους οποίους έχουν θεσμοθετηθεί όρια βασισμένα στην υγεία του γενικού πληθυσμού από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, την Ευρωπαϊκή Ένωση και την EPA (Υπηρεσία Περιβάλλοντος των ΗΠΑ). Για τους ρύπους PM_{10} και $\text{PM}_{2,5}$ καθιερώθηκαν από την Ε.Ε. ανώτατες οριακές τιμές τα έτη 2000 και 2008 αντίστοιχα.

Από όλες τις ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων (αριθμητική συγκέντρωση, συγκέντρωση μάζας, διάμετρος, χημική σύσταση, μορφολογία), η διάμετρος θεωρείται η πιο σημαντική για τις επιπτώσεις στην υγεία, λόγω του μηχανισμού εναπόθεσης των αιωρούμενων σωματιδίων στο ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα. Οι επιδράσεις στο περιβάλλον οφείλονται στη μείωση της ορατότητας, στις κλιματολογικές μεταβολές (περισσότερες βροχοπτώσεις, ομίχλες), στη φθορά υλικών και μνημείων, στη ρύπανση του εδάφους και των υδάτινων πόρων και τέλος στην αισθητική αλλοίωση του περιβάλλοντος που προκαλούν.

Διοξείδιο του θείου (SO_2)

Το διοξείδιο του θείου ανήκει στην οικογένεια των σουλφιδίων, αέρια των οποίων κύριο χαρακτηριστικό είναι ότι είναι διαλυτά στο νερό. Το θείο είναι συστατικό όλων των ακατέργαστων ορυκτών και του αργού πετρελαίου. Κατά την επεξεργασία των παραπάνω παράγονται τα σουλφίδια. Έτσι, εντοπίζονται κατά την καύση καυσίμων που περιέχουν θείο, όπως ο άνθρακας και το πετρέλαιο, κατά τη διαδικασία εξαγωγής άνθρακα από τα ορυκτά, κατά την εξαγωγή βενζίνης από το πετρέλαιο καθώς και κατά την καύση καυσίμων σε διάφορα μηχανοκίνητα. Στην ατμόσφαιρα το διοξείδιο του θείου αντιδρά και σχηματίζει σουλφίδια και διάφορα παράγωγα επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία. Εξ' αιτίας της διαλυτότητας του στο νερό σε συνδυασμό με την υγρασία της ατμόσφαιρας παράγει τοξικά παράγωγα.

Οι επιπτώσεις του διοξειδίου του θείου και γενικότερα των σουλφιδίων είναι παρόμοιες με τις επιπτώσεις των οξειδίων του αζώτου. Δημιουργούν άμεσα αναπνευστικά προβλήματα στον πληθυσμό τις ημέρες που βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα, συνεισφέρουν στη δημιουργία όξινης βροχής και αιωρούμενων σωματιδίων. Υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου στην

ατμόσφαιρα συμβάλλουν επίσης στη μείωση της ορατότητας, στην αύξηση της οξύτητας των λιμνών και των ποταμών και προκαλούν αλλοιώσεις στη βλάστηση και στα μέταλλα. Το διοξείδιο του θείου μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις μέσω του ανέμου και εναποτίθεται σε περιοχές μακριά από την εστία παραγωγής του.

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα από τα οξείδια του άνθρακα και παράγεται από τη μερική καύση του άνθρακα. Είναι αέριο άχρωμο και άοσμο. Είναι το κύριο συστατικό των εξατμίσεων των οχημάτων που κινούνται στους δρόμους τα οποία και αποτελούν την κύρια πηγή παραγωγής του (56%). Για αυτό το λόγο άλλωστε τα υψηλότερα επίπεδα του παρατηρούνται τις ώρες αιχμής του κυκλοφοριακού φόρτου. Άλλες πηγές παραγωγής CO είναι οι βιομηχανίες (μεταλλουργία, χημικές), οι πυρκαγιές των δασών, ο καπνός του τσιγάρου κ.α. Σε εσωτερικούς χώρους οι υπεύθυνες πηγές παραγωγής του είναι κάποια από τα θερμαντικά σώματα.

Τα επίπεδα του CO στην ατμόσφαιρα θεωρείται ότι επηρεάζονται από τη θερμοκρασία αφού οι υψηλότερες τιμές του παρατηρούνται συνήθως τους μήνες του χειμώνα. Αυτό εξηγείται από τη δημιουργία στρώματος θερμού αέρα κάτω από το οποίο παγιδούνται οι ρύποι σε κοντινή απόσταση από το έδαφος. Οι επιπτώσεις του για την δημόσια υγεία είναι άμεσες αφού σε υψηλά επίπεδα είναι δηλητηριώδες και επηρεάζει άμεσα το κεντρικό νευρικό σύστημα. Ιδιαίτερα επίσης επηρεάζει ανθρώπους με καρδιακά προβλήματα.

Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Με το γενικό όρο οξείδια του αζώτου ορίζονται γενικά οι ενώσεις αζώτου με οξυγόνο σε διάφορες αναλογίες. Οι κυριότερες και συνηθέστερες ενώσεις από αυτές είναι το μονοξείδιο (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO₂). Τα περισσότερα από αυτά είναι άχρωμα και άοσμα. Ωστόσο το διοξείδιο του αζώτου σε συνδυασμό με τα αιωρούμενα σωματίδια σκόνης της ατμόσφαιρα διακρίνεται ως ένα κόκκινο-καφέ στρώμα πάνω από πολλές αστικές περιοχές. Το άζωτο αποτελεί το 79% του όγκου του αέρα που εισπνέουμε και παράγεται κατά την ανάφλεξη των καυσίμων, δηλαδή κατά την καύση τους σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Κατά συνέπεια πηγές έκλυσης οξειδίων του αζώτου είναι κυρίως τα αυτοκίνητα, οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και γενικότερα οι βιομηχανίες.

Ευθύνονται για τη μόλυνση της ατμόσφαιρας και με έμμεσους τρόπους αφού όλα τα οξείδια του αζώτου είναι αέρια πολύ δραστικά και κάνουν εύκολα αντιδράσεις μέσα στην ατμόσφαιρα επηρεάζοντας τη χημεία της και κατά συνέπεια τη σύσταση της με τη δημιουργία νέων ρύπων. Συνεισφέρουν έτσι στην δημιουργία του όζοντος, διαφόρων τοξικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα, στη δημιουργία όξινης βροχής με όλες τις συνέπειες στον υδροφόρο ορίζοντα και στην αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων της ατμόσφαιρας που μειώνουν την ορατότητα της. Τέλος, ευθύνονται ως μία από τις βασικές συνιστώσες της αλλοίωσης του κλίματος και του φαινομένου του θερμοκηπίου στον πλανήτη. Κύριο χαρακτηριστικό των οξειδίων του αζώτου και των παραγώγων τους ρύπων είναι ότι μεταφέρονται ακόμα και σε μεγάλες αποστάσεις ακολουθώντας την πορεία των ανέμων που επικρατούν στην

περιοχή, γεγονός που κάνει τις δυσμενείς επιπτώσεις τους να εμφανίζονται σε ευρύτερες περιοχές από την εστία παραγωγής τους. Όπως φαίνεται από τα παραπάνω οι επιπτώσεις τους στη σύνθεση της ατμόσφαιρας και κατά συνέπεια στη δημόσια υγεία είναι πολλαπλές. Ειδικά το διοξείδιο του αζώτου δημιουργεί αναπνευστικά προβλήματα.

Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOCs)

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds, VOCs) αποτελούν μια σημαντική κατηγορία ατμοσφαιρικών ρύπων η οποία μόλις πρόσφατα άρχισε να αποτελεί αντικείμενο μελέτης, σε αντίθεση με τους κλασικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους. Ο όρος VOC χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια ευρεία τάξη οργανικών ενώσεων με ένα έως δέκα άτομα άνθρακα. Οι VOCs εκπέμπονται ως αέρια από διάφορες ουσίες που βρίσκονται σε στερεή ή υγρή κατάσταση και οι συγκεντρώσεις ορισμένων εξ' αυτών είναι υψηλότερες σε εσωτερικούς χώρους από ότι στο περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια αναγνωρίστηκε ο σημαντικός ρόλος που παίζουν οι VOCs σε σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως το φωτοχημικό νέφος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ενώ επιπλέον διαπιστώθηκαν οι δυσμενείς επιπτώσεις που προκαλούν στην υγεία του ανθρώπου. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις παράγονται κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως καύσεις αυτοκινήτων, βιομηχανικές δραστηριότητες, χρήση διαλυτών, αλλά μπορεί να έχουν και βιογενή προέλευση (όπως δάση).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Οι αερομεταφορές έχουν καταστεί αναπόσπαστο μέρος της κοινωνικής ζωής του 21^{ου} αιώνα, επιτρέποντας τόσο στους επιβάτες όσο και στα εμπορεύματα να διανύουν μεγάλες αποστάσεις με πρωτόγνωρες ταχύτητες. Διαμορφώνουν ένα μοναδικό δίκτυο που ενώνει τους ανθρώπους, τις χώρες και τις κουλτούρες και παίζουν ζωτικό ρόλο στην περαιτέρω ολοκλήρωση και την ανάπτυξη. Γίνονται όλο και περισσότερο προσβάσιμες σε μεγαλύτερο αριθμό ανθρώπων οι οποίοι σήμερα έχουν την οικονομική δυνατότητα να ταξιδεύουν από αέρα τόσο για επαγγελματικούς όσο και για λόγους αναψυχής.

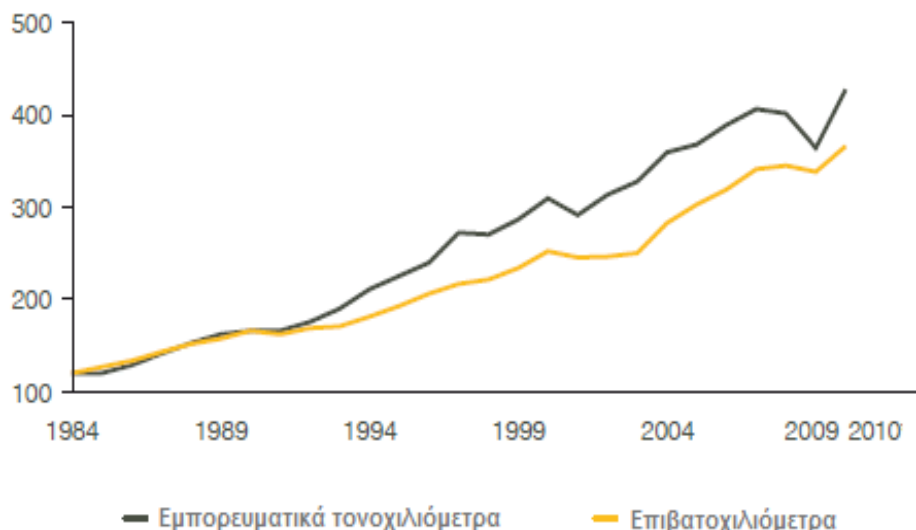
Οι αερομεταφορές είναι μια μεγάλη βιομηχανία καθώς περιλαμβάνει περίπου 18.000 αεροσκάφη που λειτουργούν σε 10.000 αεροδρόμια και έχουν ετήσιο κύκλο εργασιών 260 δισεκατομμύρια δολάρια. Πάνω από 1,6 δισεκατομμύρια επιβάτες παγκοσμίως χρησιμοποιούν τις αεροπορικές εταιρείες για επιχειρηματικά ταξίδια ή ταξίδια αναψυχής, πραγματοποιώντας ετησίως 3.400 δισεκατομμύρια επιβατοχιλιόμετρα. Η έρευνα του οργανισμού EUROCONTROL δείχνει ότι μέχρι το 2020 αυτός ο αριθμός θα φθάσει τα 2,3 δισεκατομμύρια επιβάτες. Πάνω από τους μισούς διεθνείς τουρίστες (με εξαίρεση εκείνων που ταξιδεύουν εντός της Ευρώπης) πετούν στους προορισμούς των διακοπών τους.

Οι αερομεταφορές επίσης βελτιώνουν την ποιότητα της ζωής των καταναλωτών παρέχοντάς τους ευρύτερες επιλογές σε αγαθά και πρόσβαση σε ταξίδια στο εξωτερικό για αναψυχή, πολιτιστική και πολιτική ανταλλαγή. Οι αερομεταφορές είναι υπεύθυνες για τη μεταφορά του 30% έως 40% του διεθνούς φορτίου σε αξία. Είναι ο κύριος πάροχος μεταφορικών υπηρεσιών στον τομέα του τουρισμού και κύριο μέσο μεταφοράς για τα στελέχη της σύγχρονης βιομηχανίας. Σε τοπικό επίπεδο, τα αεροδρόμια είναι ο μεγαλύτερος καταλύτης για την τοπική ανάπτυξη (Button et al, 2004).

Οι αερομεταφορές ήταν πάντα μια βιομηχανία υψηλής ανάπτυξης. Πολύ λίγες βιομηχανίες, εάν υπάρχουν, έχουν πετύχει τέτοια ανάπτυξη για τόσο μεγάλη χρονική περίοδο. Τα περασμένα 60 χρόνια ο ρυθμός ανάπτυξής της ήταν με συνέπεια αρκετά πάνω από αυτόν του παγκόσμιου ΑΕΠ. Μεταξύ του 1945 και του 2000 η παγκόσμια κυκλοφορία επιβατών αυξήθηκε σε ένα μέσο παγκόσμιο ρυθμό του 12% ετησίως. Από το 1960 μέχρι το 2000 η ανάπτυξη σε επιβατική κίνηση ήταν κατά μέσο όρο 9% ετησίως.

Το φορτίο και η αλληλογραφία επίσης αναπτύχθηκαν πολύ γρήγορα, σε μέσους όρους από το 1960 με 11% και 7 % ετησίως αντίστοιχα, με δυο μόνο εξαιρέσεις σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα, το 1991 και το 2001. Δύο χρονιές όμως που σηματοδεύτηκαν από κάποια εξαιρετικά γεγονότα: ο πόλεμος του Κόλπου το 1991, η οικονομική ύφεση στις αρχές της δεκαετίας του 1990, οι επιθέσεις της 11^{ης} Σεπτεμβρίου στις ΗΠΑ και οι απειλές της διεθνούς τρομοκρατίας γενικότερα. Οι εξαιρέσεις όμως αυτές οι οποίες θεωρήθηκαν σχετικά χαμηλές σε σχέση με το συνολικό επίπεδο της κυκλοφορίας ήταν παρόλα αυτά επαρκείς για να θέσουν σε συναγερμό ολόκληρη τη βιομηχανία.

Στο σχήμα 2.1 παρατηρείται η ραγδαία ανάπτυξη του τομέα των αερομεταφορών σε κάθε ήπειρο, ενώ ταυτόχρονα είναι εμφανής η κάμψη που παρουσιάζεται το 1991, λόγω της αύξησης της τιμής του πετρελαίου ως συνέπεια του πολέμου του Κόλπου και το 2001 λόγω του τρομοκρατικού χτυπήματος της 11^{ης} Σεπτεμβρίου.



Σχήμα 2.1: Μεταβολή της ζήτησης για αερομεταφορές την περίοδο 1984-2010 (1984=100). [10]

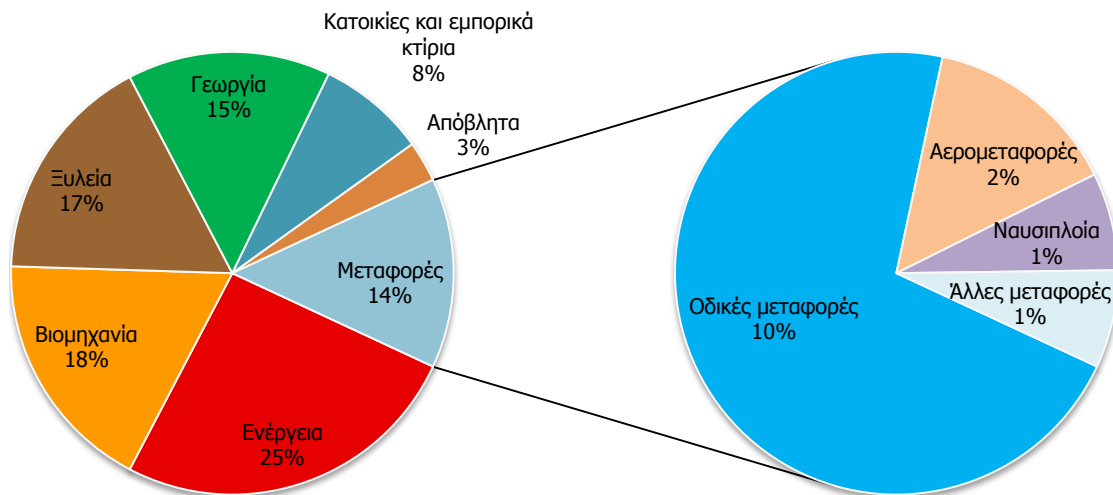
Μολονότι οι αερομεταφορές αντιπροσωπεύουν περίπου 0,6% της προστιθέμενης αξίας σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, συνιστούν επίσης περίπου το 3% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην επικράτεια της. Επιπλέον, η αύξηση των εκπομπών από τις αεροπορικές μεταφορές ήταν 87% την περίοδο 1990-2004 ενώ η εναέρια κυκλοφορία αναμένεται να διπλασιαστεί το 2020, σε σχέση με τα επίπεδα του 2050 και δίχως νέες πολιτικές, η αύξηση των εκπομπών θα εξακολουθήσει να υποσκάπτει τις καταβαλλόμενες προσπάθειες σε άλλους τομείς (SEC, 2006).

2.1 Η συμμετοχή των μεταφορών στην κλιματική αλλαγή

Οι μεταφορές σήμερα ευθύνονται για το 14% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και για το 26% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, ενώ αποτελούν έναν από τους λίγους τομείς όπου οι εκπομπές συνεχώς αυξάνονται (Charman, 2007). Τα επιβατικά Ι.Χ., οι οδικές εμπορευματικές μεταφορές και οι αερομεταφορές αποτελούν τους τομείς με τη μεγαλύτερη συμβολή στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

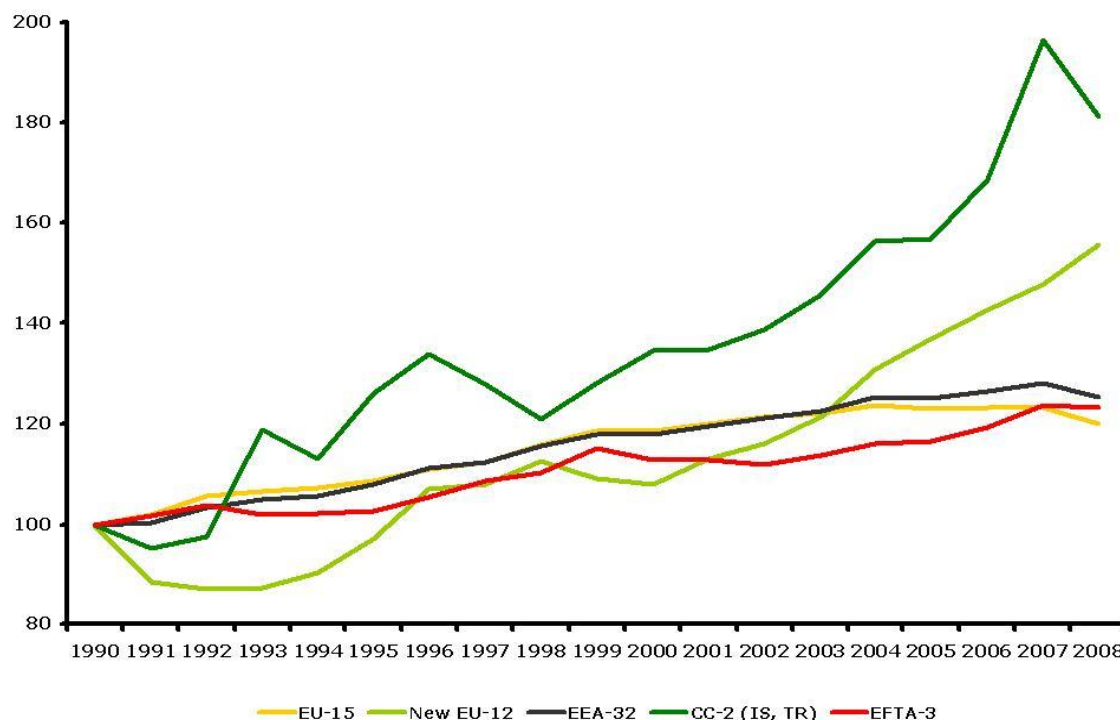
Το πετρέλαιο είναι το κύριο καύσιμο των μεταφορών, για αυτό άλλωστε ο τομέας ευθύνεται για το 26% των συνολικών εκπομπών CO₂, ενώ οι οδικές μεταφορές ευθύνονται για το 81% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Οι μεταφορές δεν επιδρούν στο περιβάλλον μόνο λόγω των εκπομπών των μέσων μεταφοράς αλλά και λόγω του ίδιου τομέα κατασκευής τους και από τον εφοδιασμό των καυσίμων. Για παράδειγμα, οι συνολικές εκπομπές ενός επιβατικού Ι.Χ. προέρχονται σε ποσοστό 76% από την κατανάλωση καυσίμου,

9% από την κατασκευή του οχήματος και 15% από τον εφοδιασμό του με καύσιμα.



Σχήμα 2.2: Παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα (2004). [11]

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι μεταφορές ευθύνονται για το 21% των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην ΕΕ-15 (εξαιρουμένων των διεθνών αεροπορικών μεταφορών και των θαλάσσιων μεταφορών), ποσοστό που μπορεί να αυξηθεί στο 30% το έτος 2030. Στις οδικές μεταφορές αντιστοιχεί το 93% του συνόλου των εκπομπών που προέρχονται από τον κλάδο των μεταφορών. Ωστόσο, οι εκπομπές που οφείλονται στις διεθνείς αερομεταφορές παρουσιάζουν τον ταχύτερο ρυθμό αύξησης που ανέρχεται σε ποσοστό 87% μεταξύ του 1990 και του 2004. Ενώ οι εκπομπές αερίων μειώθηκαν στους περισσότερους από τους υπόλοιπους τομείς (ενεργειακός εφοδιασμός, βιομηχανία, γεωργία, διαχείριση αποβλήτων) μεταξύ του 1990 και του 2004, οι εκπομπές από τις μεταφορές αυξήθηκαν σημαντικά λόγω της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης στον τομέα.

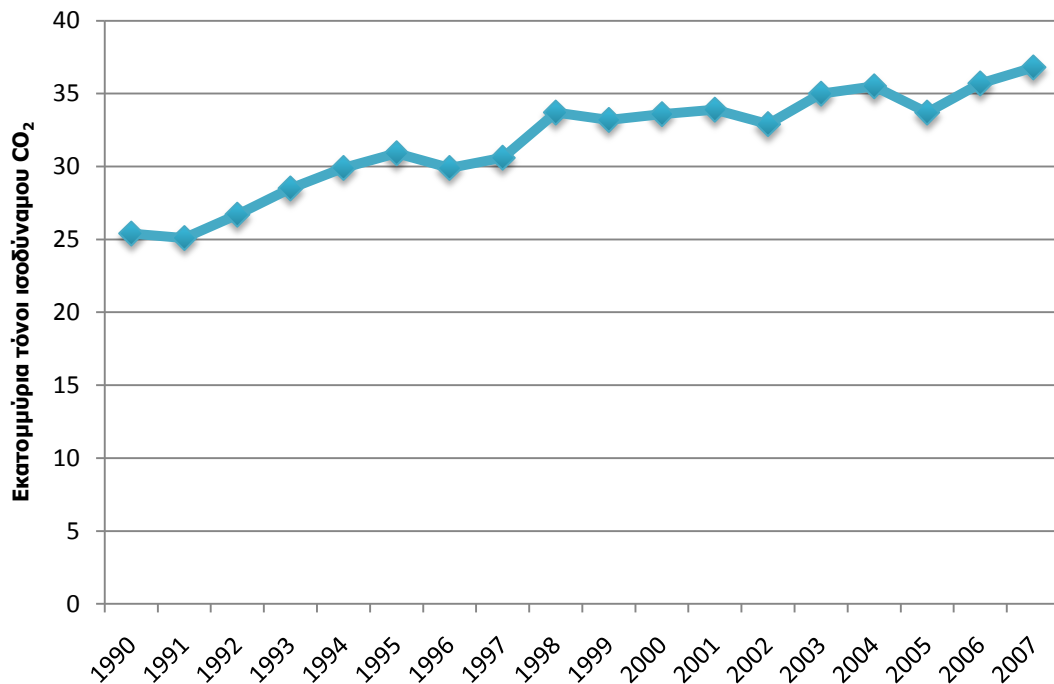


Σχήμα 2.3: Εξέλιξη της μεταβολής της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη (με βάση το 100) την περίοδο 1990-2008. [12]

Στο σχήμα 2.3 [12] φαίνεται η μεταβολή στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα των μεταφορών την περίοδο από το 1990 (έτος αναφοράς) μέχρι το 2008, στην ΕΕ-15 (τα κράτη μέλη της ΕΕ πριν το 2004), στην ΕΕ-12 (νεοεισερχόμενες χώρες τον Ιανουάριο του 2007), στην ΕFTA-3 (Λιχτενστάιν, Νορβηγία και Ελβετία) και στην CC-2 (υποψήφια κράτη-μέλη Τουρκία και Ισλανδία).

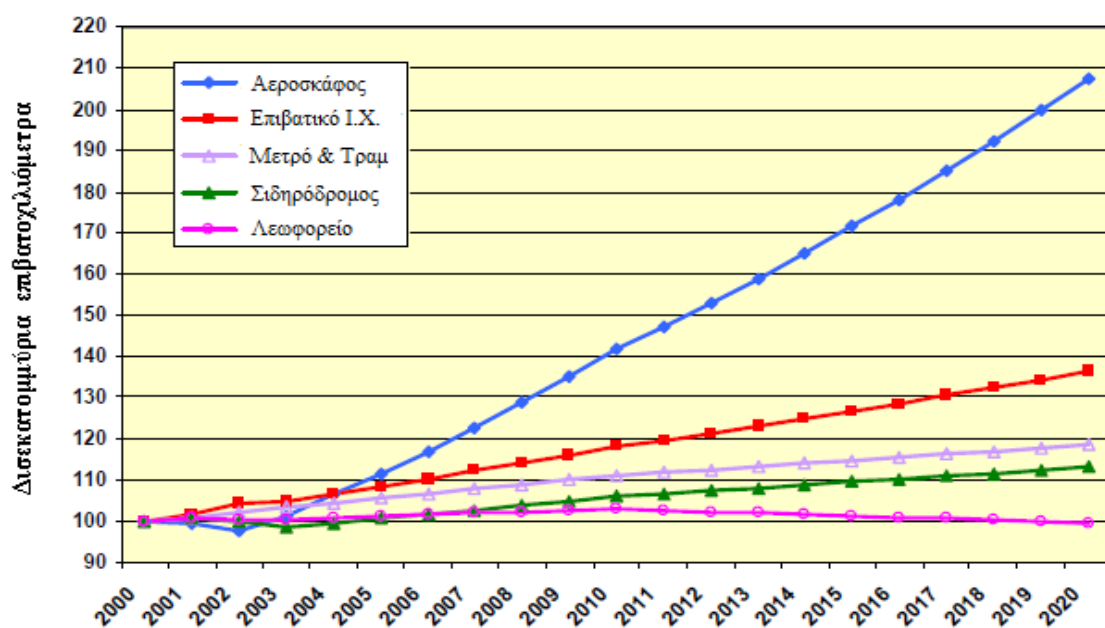
Οι προσπάθειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την μείωση των επιπτώσεων των μεταφορών στο περιβάλλον με την εφαρμογή περιβαλλοντικών πολιτικών κατάφεραν να μειώσουν τις συνολικές εκπομπές την περίοδο 1990-2004 κατά 5%. Ωστόσο, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις μεταφορές αυξήθηκαν κατά 27%, χωρίς να υπολογίζεται η ναυσιπλοΐα και οι αερομεταφορές.

Στην Ελλάδα, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις μεταφορές αυξήθηκαν την περίοδο 1990-2007 κατά 45%, δηλαδή παρουσίασαν μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 2,65%.



Σχήμα 2.4: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου CO₂) από τις μεταφορές στην Ελλάδα την περίοδο 1990-2007. [13]

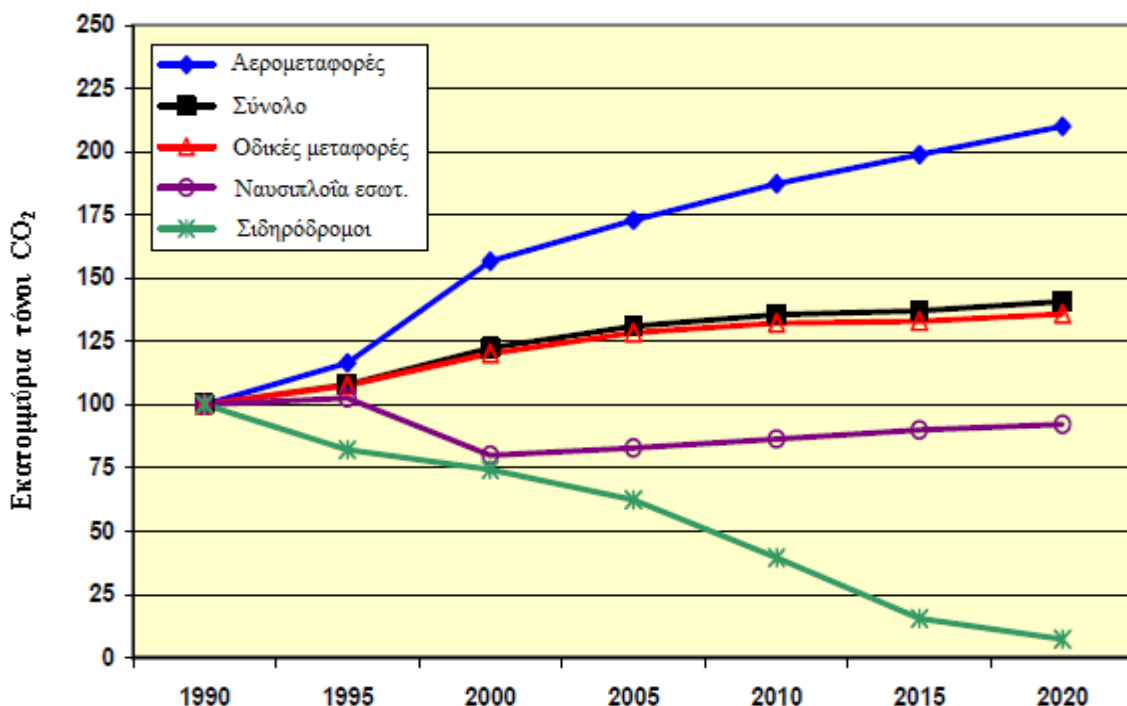
Η προβλεπόμενη αύξηση της επιβατικής κίνησης στον τομέα των μεταφορών αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η προβλεπόμενη αύξηση των μεταφορών, για κάθε μέσο μεταφοράς στην ΕΕ-27, μέχρι και το 2020.



Σχήμα 2.5: Προβλεπόμενη αύξηση της επιβατικής κίνησης (σε δισεκατομμύρια επιβατοχιλιόμετρα) στην ΕΕ-27 ανά μέσο μεταφοράς, μέχρι το 2020. [14]

Η παραπάνω αύξηση της επιβατικής κίνησης μεταφράζεται σε αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα. Αξίζει να αναφερθεί ότι την περίοδο 1990-2007 οι εκπομπές από τις μεταφορές στην ΕΕ-27 ανήλθαν σε ποσοστό 35,6% σε αντίθεση με τους υπόλοιπους τομείς όπου σημειώθηκε μείωση κατά 8,9%. Οι τομείς των μεταφορών με τη μεγαλύτερη αύξηση την ίδια περίοδο ήταν οι αερομεταφορές και η ναυσιπλοΐα με ποσοστά 109% και 60% αντίστοιχα. Το μερίδιο των μεταφορών στις εκπομπές CO₂ αυξήθηκε από 21% το 1990 σε 28% το 2007.

Τα παραπάνω ποσοστά μπορούν να αυξηθούν ακόμη περισσότερο στο μέλλον χωρίς τη λήψη κατάλληλων μέτρων και την εφαρμογή περιβαλλοντικών πολιτικών, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.6: Προβλεπόμενη αύξηση των εκπομπων διοξειδίου του άνθρακα στην ΕΕ-27 ανά μέσο μεταφοράς, μέχρι το 2020. [14]

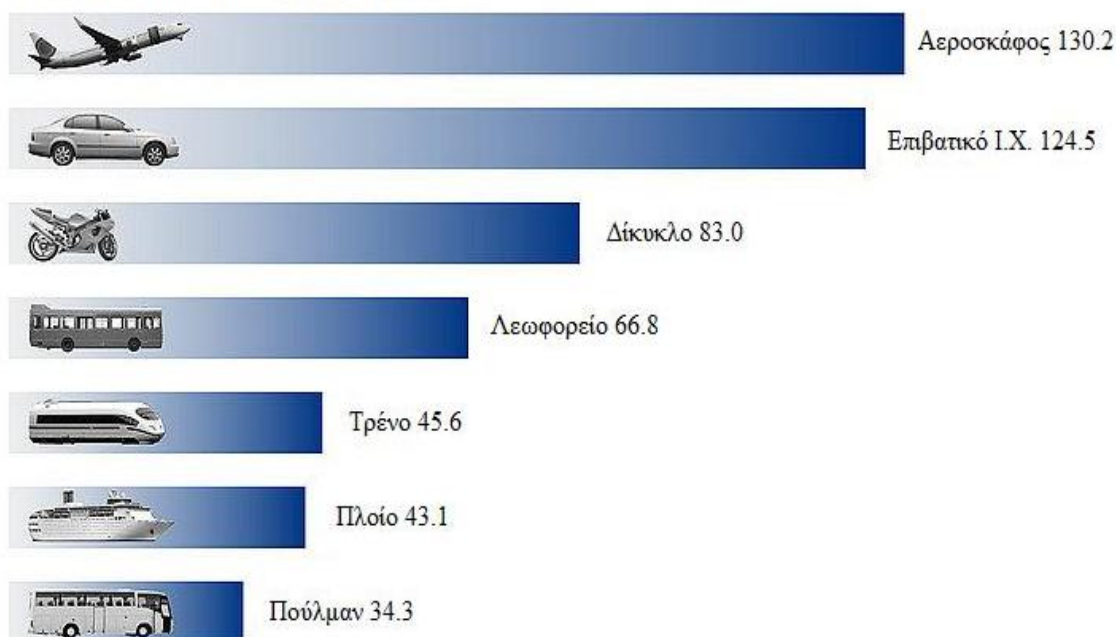
2.2 Η συμμετοχή των αερομεταφορών στην κλιματική αλλαγή

Η ρύπανση που προκαλούν τα αεροπλάνα στην ατμόσφαιρα είναι λιγότερο άμεσα αισθητή για τους κατοίκους της Γης από αυτήν που προκαλούν τα αυτοκίνητα και τα πλοία. Είναι όμως πολύ μεγαλύτερη και έχει πιο σοβαρές συνέπειες γιατί τα αεροπλάνα, τα οποία πετούν συνήθως σε ύψος 10.000 - 12.000 χιλιομέτρων, εκπέμπουν τα αέρια τους και προκαλούν νέφη στη στρατόσφαιρα, το ανώτερο τμήμα της ατμόσφαιρας το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Μια βασική αρχή είναι ότι, όσο περισσότερους επιβάτες μεταφέρει ένα αεροσκάφος, τόσο πιο γρήγορα και πιο ψηλά θα πρέπει να πετάει για να νικήσει τη βαρύτητα και άρα τόσο περισσότερα καύσιμα θα πρέπει να

καταναλώνει και τόσο περισσότερα αέρια θα εκπέμπει στην ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς των επιστημόνων, ένα αεροπλάνο εκπέμπει κατά μέσον όρο 130.2 γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα ανά χιλιόμετρο και ανά επιβάτη (το αυτοκίνητο εκπέμπει 124.5 γραμμάρια). Αν κάνει κανείς τους σχετικούς υπολογισμούς για ένα κοινό αεροπλάνο της γραμμής με 120 - 160 επιβάτες δεν είναι δύσκολο να καταλάβει γιατί το αεροπλάνο θεωρείται αυτή τη στιγμή το πιο «θερμαντικό» μεταφορικό μέσο στον πλανήτη. Παρακάτω παρουσιάζονται οι μέσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά επιβάτη για όλα τα μέσα μεταφοράς.

Εκπομπές CO₂ ανά επιβάτη (gr/km)



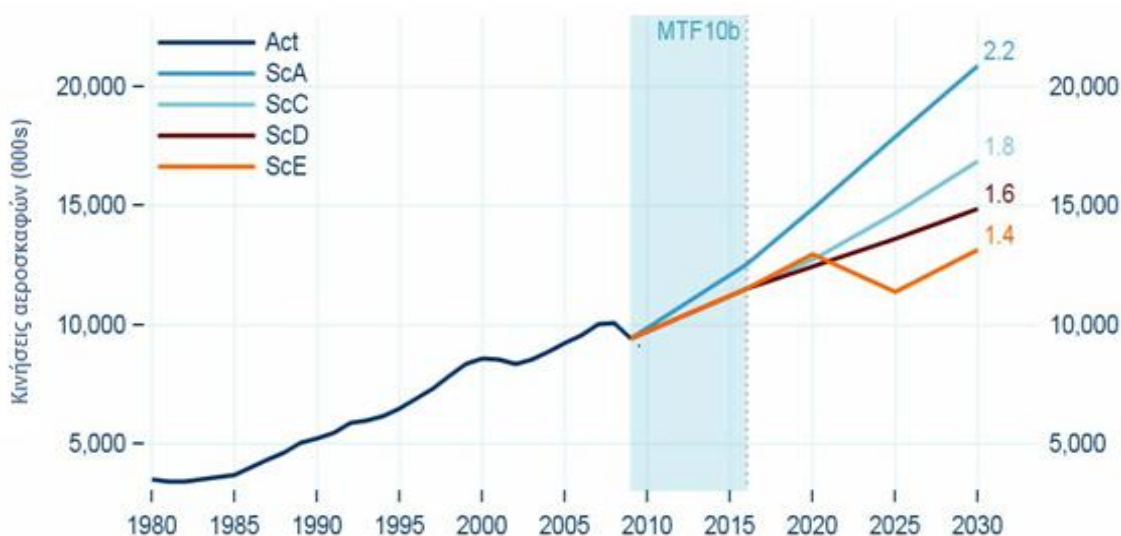
Σχήμα 2.7: Μέσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά επιβάτη (gr/km) και ανά μέσο μεταφοράς. [15]

Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τους ανά τον κόσμο αερομεταφορείς αυξάνονται ραγδαία και στην Ευρώπη έχουν διπλασιαστεί σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Σύμφωνα με τις υφιστάμενες τάσεις προβλέπεται ότι ακόμη και εάν εφαρμοστούν φιλόδοξες βελτιώσεις της απόδοσης των καυσίμων κατά 2% ετησίως, οι διεθνείς εκπομπές από τις αεροπορικές δραστηριότητες θα υπερβαίνουν, το 2020, κατά περίπου 70% τα αντίστοιχα επίπεδα του 2005 και το 2050, κατά 300-600%.

Η συνεχής αύξηση της εναέριας κυκλοφορίας προκαλεί ανησυχίες σχετικά με τις επιπτώσεις της στην κλιματική αλλαγή. Η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Εναέριας Κυκλοφορίας (EUROCONTROL) εκτίμησε την μελλοντική εναέρια κίνηση στον ευρωπαϊκό χώρο, δημιουργώντας τέσσερα μελλοντικά σενάρια (μακροπρόθεσμα σενάρια), τα οποία βασίζονται σε υποθέσεις που αφορούν την οικονομική ανάπτυξη, τη ζήτηση για αερομεταφορές, τις τιμές των εισιτηρίων και τη σύνθεση του στόλου των αεροσκαφών. Τα σενάρια που διαμορφώθηκαν είναι τα εξής:

- **Σενάριο A (ScA):** Παγκόσμια αύξηση της οικονομικής ανάπτυξης.
- **Σενάριο C (ScC):** Μέτρια αύξηση της οικονομικής ανάπτυξης.
- **Σενάριο D (ScD):** Μέτρια αύξηση της οικονομικής ανάπτυξης και λήψη μέτρων για τον περιορισμό του αντίκτυπου των αερομεταφορών στο περιβάλλον.
- **Σενάριο E (ScE):** Μεταβαλλόμενη οικονομική ανάπτυξη, με αδύναμες οικονομίες και λιγότερα ταξίδια μικρών αποστάσεων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω σενάρια, το EUROCONTROL εκτίμησε τον αριθμό των κινήσεων των αεροσκαφών πάνω από τον ευρωπαϊκό εναέριο χώρο την περίοδο 2010-2030.



Σχήμα 2.8: Σενάρια μεταφορικής κίνησης των αεροσκαφών στην Ευρώπη μέχρι το 2030. [16]

Σύμφωνα με το πιθανότερο σενάριο (Σενάριο C), το 2030 οι κινήσεις των αεροσκαφών θα φτάσουν τα 17 εκατομμύρια, θα παρουσιάσουν δηλαδή αύξηση κατά 80% περίπου σε σχέση με το 2009. Το εύρος των εκτιμήσεων βρίσκεται μεταξύ 13,1 και 20,9 εκατομμυρίων κινήσεων το 2030 (Σενάρια A έως D), δηλαδή 40%-120% παραπάνω πτήσεις από το 2009. Ο ετήσιος ρυθμός αύξησης θα κυμαίνεται από 1,6%-3,9% (2,8% για το πιθανότερο σενάριο) και θα είναι πιο γρήγορος τα πρώτα χρόνια.

Οι εκτιμήσεις του EUROCONTROL έγιναν για κάθε ευρωπαϊκή χώρα όπου υπολογίστηκε το ποσοστό αύξησης των κινήσεων των αεροσκαφών μέχρι το 2030 για τα τέσσερα σενάρια που διαμορφώθηκαν. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται ο προβλεπόμενος ρυθμός αύξησης για την Ελλάδα, ο οποίος αναμένεται να κυμανθεί ετησίως από 1,9% έως 4,3%.

Πίνακας 2.1: Προβλεπόμενος ετήσιος ρυθμός αύξησης της αεροπορικής κίνησης στην Ελλάδα για τα τέσσερα σενάρια του EUROCONTROL. [16]

	Ετήσιος ρυθμός αύξησης								Μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης
	2006	2007	2008	2009	2010 /2016	2017 /2020	2021 /2025	2026 /2030	
A	3,20%	9,90%	3,40%	-0,80%	4,80%	4,40%	4,30%	3,80%	4,30%
C	-	-	-	-	3,30%	2,60%	3,30%	3,20%	3,20%
D	-	-	-	-	3,30%	1,50%	1,70%	1,70%	2,20%
E	-	-	-	-	3,30%	2,90%	-2,00%	3,20%	1,90%

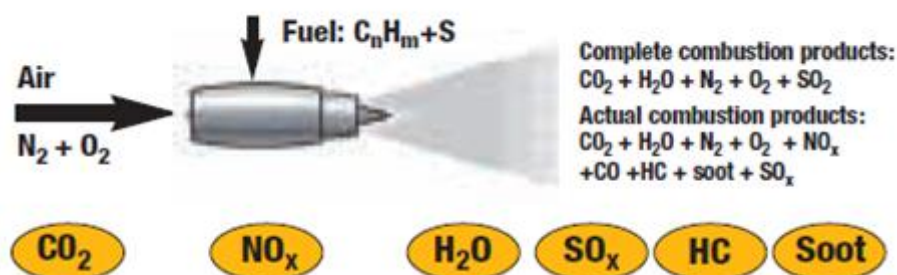
Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι οι εκπομπές από τις αερομεταφορές αναμένεται να αυξηθούν μελλοντικά παρά τις μειώσεις των εκπομπών ανά πτήση λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων (για παράδειγμα το καταναλισκόμενο καύσιμο ανά θέση έχει μειωθεί κατά 70% τα τελευταία 40 χρόνια).

2.2.1 Εκπομπές αεροσκαφών

Τα εμπορικά αεροσκάφη ίπτανται σε υψόμετρα μεταξύ 8 και 13 χιλιομέτρων, όπου απελευθερώνουν αέρια και σωματίδια που μεταβάλλουν τη σύνθεση της ατμόσφαιρας και συμμετέχουν στην αλλαγή του κλίματος. Αυτά είναι :

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- Οξείδια του αζώτου (NO_x)
- Υδρατμοί (H_2O)
- Σωματίδια θειικών ενώσεων και αιθάλης (SO_x and Soot)
- Υδρογονάνθρακες (HC)

Επιπλέον, τα αεροσκάφη προκαλούν το σχηματισμό θυσανόμορφων νεφών και ιχνών συμπύκνωσης.



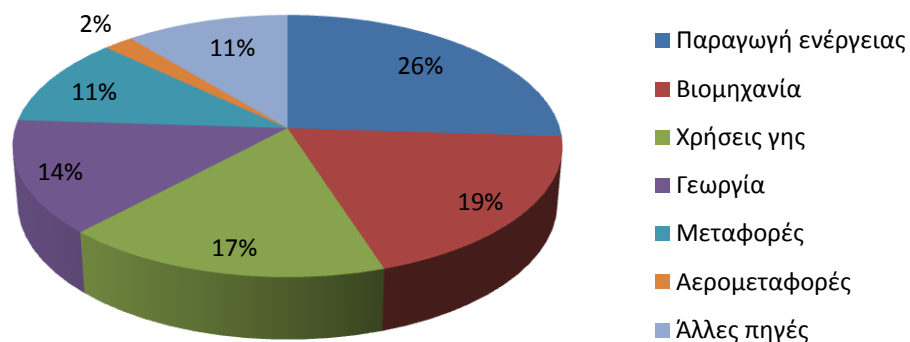
Σχήμα 2.9: Αέρια που εκπέμπονται κατά τη λειτουργία του κινητήρα αεροσκάφους. [17]

Από τα παραπάνω σωματίδια, το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί το 71% των εκπομπών, οι υδρατμοί το 28% και τα υπόλοιπα το 1% (Penner et al., 1999). Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τις εκπομπές των αεροσκαφών είναι:

- Η ένταση και διάρκεια των κινήσεων του αεροσκάφους
- Ο τύπος και η χωρική συγκέντρωση και κατανομή των σωματιδίων
- Η κατανάλωση καυσίμου
- Ο ρυθμός ανανέωσης του στόλου των αεροσκαφών, εισάγοντας νέα “καθαρότερα” αεροσκάφη.

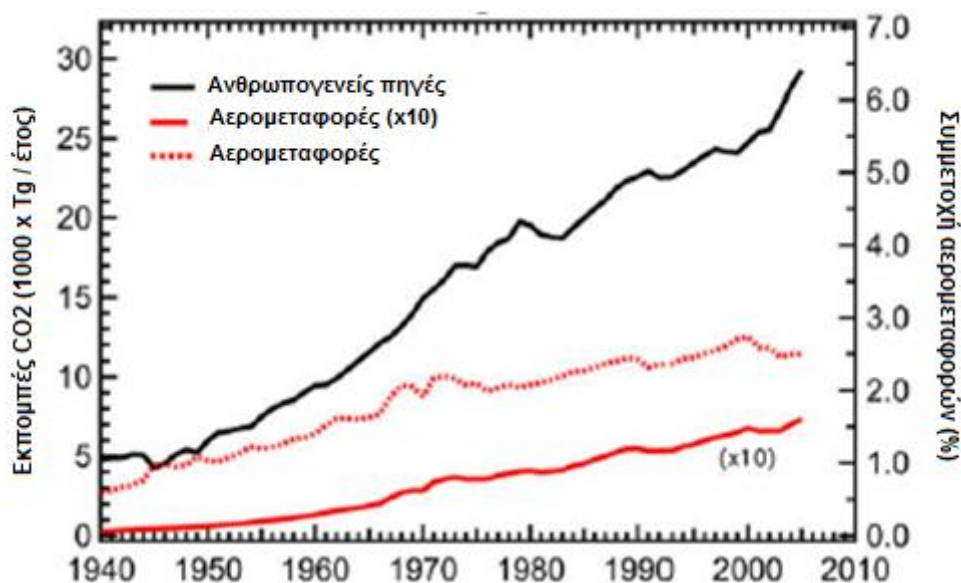
Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις παγκόσμιες αερομεταφορές είναι σχετικά μικρές σχετικά με τους υπόλοιπους τομείς (2%) και τις εκπομπές από τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς, αλλά αναμένεται να διπλασιαστούν μέχρι το 2050. Μάλιστα πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι η ναυσιπλοΐα παράγει διπλάσιες εκπομπές από τις αερομεταφορές, αλλά το γεγονός ότι προβλέπεται αύξηση της επιβατικής κίνησης σε συνδυασμό με την απουσία εναλλακτικών πηγών καυσίμων και το σχετικά υψηλό επίπεδο της σύγχρονης αεροπορικής τεχνολογίας, έχει αφυπνίσει τη διεθνή κοινότητα για να λάβει τα κατάλληλα μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών.



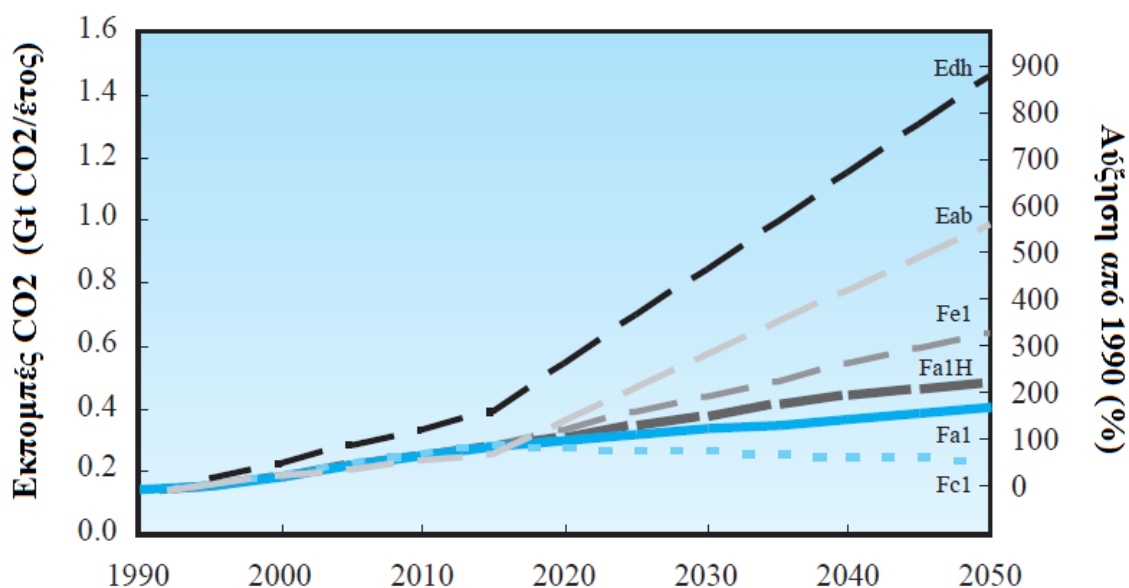
Σχήμα 2.10: Συμβολή των αερομεταφορών στις παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (2004). [2]

Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί το κύριο αέριο που εκπέμπεται από τις μηχανές ενός αεροσκάφους καθώς εκπέμπεται σε ποσοστό 71%. Το γεγονός ότι είναι το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου με μεγάλους χρόνους παραμονής στην ατμόσφαιρα αλλά και ότι εκπέμπεται σε μεγάλα ύψη, έχει προκαλέσει την ανησυχία του επιστημονικού κόσμου. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα λόγω των αερομεταφορών από το 1940 μέχρι σήμερα, και σε σύγκριση με τις ανθρωπογενείς εκπομπές.



Σχήμα 2.11: Εξέλιξη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις παγκόσμιες αερομεταφορές από το 1940. [18]

Η Διακυβερνητική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), εκτίμησε τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μέχρι το 2050 διαμορφώνοντας έξι διαφορετικά σενάρια σχετικά με την αύξηση της κίνησης των αεροσκαφών, της κατανάλωσης καυσίμου, της αύξησης του πληθυσμού, τις τεχνολογικές καινοτομίες και την οικονομική ανάπτυξη. Σύμφωνα με το βασικό σενάριο Fa1 (σενάριο αναφοράς), το 2050 οι παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις αερομεταφορές θα φτάσουν τα 0.4 GtCO₂/έτος, ή το 3% των προβλεπόμενων συνολικών εκπομπών. Γενικότερα, το εύρος των σεναρίων προβλέπει τιμές εκπομπών από 0,23 μέχρι 1,45 GtCO₂/έτος δηλαδή 1,6 έως 10 φορές τις εκπομπές του έτους 1992.



Σχήμα 2.12: Προβλεπόμενες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις αερομεταφορές μέχρι το 2050 για τα έξι σενάρια της IPCC. [17]

Οξειδία του αζώτου (NO_x)

Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x) από τα αεροσκάφη συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αυξάνοντας τη συγκέντρωση του όζοντος στην ανώτερη τροπόσφαιρα με αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας της ακτινοβολίας που κατακρατείται και συνεπώς την αύξηση της θερμοκρασίας της γης, ενώ επιτείνουν κατά 60% την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Το 1992 εκτιμήθηκε ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος λόγω των οξειδίων του αζώτου ήταν 6% σε σύγκριση με την ατμόσφαιρα χωρίς εκπομπές από τα αεροσκάφη. Σε αντίθεση με τις επιπτώσεις του διοξειδίου του άνθρακα που είναι παγκόσμιες, οι επιπτώσεις από τα οξείδια του αζώτου είναι τοπικές και επηρεάζουν περισσότερο το βόρειο ημισφαίριο. Μία επιπλέον επίπτωση των οξειδίων του αζώτου στο περιβάλλον είναι η μείωση της συγκέντρωσης του μεθανίου στην ατμόσφαιρα, το οποίο αποτελεί αέριο του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας της γης καθώς εξέρχεται περισσότερη ακτινοβολία. Αυτό βέβαια δεν αντισταθμίζει το σχηματισμό του όζοντος λόγω των εκπομπών των οξειδίων.

Παρόλο που οι εκπομπές υδρατμών και θεικών σωματιδίων μειώνουν τη συγκέντρωση του όζοντος αντισταθμίζοντας μερικώς έτσι τις επιπτώσεις των οξειδίων του αζώτου, προβλέπεται ότι οι εκπομπές τους θα αυξηθούν από 0,4% το 1992 στο 1,2% το 2050 συμβάλλοντας στην αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος στο 13% το 2050.

Υδρατμοί (H₂O)

Οι υδρατμοί προέρχονται από την καύση των υδρογονανθράκων και εκπέμπονται στην τροπόσφαιρα όπου και απομακρύνονται σε διάστημα ενός έως δύο εβδομάδων από τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις. Ένα μικρό ποσοστό εκπέμπεται στην κατώτερη στρατόσφαιρα και εκεί μπορεί να βρεθεί σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Επειδή οι υδρατμοί αποτελούν αέριο του θερμοκηπίου, τείνουν να αυξήσουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας της γης αλλά οι επιπτώσεις τους είναι πολύ μικρότερες από εκείνες του διοξειδίου του άνθρακα και των οξειδίων του αζώτου.

Σωματίδια θεικών ενώσεων και αιθάλης

Τα θεικά σωματίδια συμβάλλουν στη μείωση της θερμοκρασίας της Γης και η αιθάλη στην αύξηση της, ενώ και τα δυο μαζί μπορούν να επηρεάσουν το σχηματισμό των νεφών. Παρόλα αυτά, αποτελούν λιγότερο σημαντικές εκπομπές σε σχέση με τα υπόλοιπα αέρια ενώ προβλέπεται ότι τα επίπεδα τους θα παραμείνουν μικρά μέχρι το 2050.

Ίχνη συμπύκνωσης και θυσανόμορφα νέφη

Τα ίχνη συμπύκνωσης (contrails) αποτελούν ένα ιδιαίτερο τύπο ατμοσφαιρικής ρύπανσης που σχηματίζονται κατά τη μίξη των θερμών καυσαερίων με τον ψυχρό αέρα που συναντάται στο ύψος πτήσης. Ειδικότερα, ο συνδυασμός των θερμών υδρατμών που περιέχονται στα καυσαέρια και των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στα υψηλότερα στρώματα της

ατμόσφαιρας οδηγεί αρκετές φορές στο σχηματισμό νεφών με μορφή γραμμής που ακολουθούν τα αεροσκάφη.



Σχήμα 2.13: Ίχνη συμπύκνωσης αεροσκάφους.

Τα ίχνη συμπύκνωσης σχηματίζονται όταν η αύξηση της υγρασίας, ή ισοδύναμα η μείωση της θερμοκρασίας που παρατηρείται κατά τη μείξη των θερμών καυσαερίων με τον ψυχρό αέρα είναι τέτοια ώστε να οδηγήσει στη συμπύκνωση των υδρατμών και στη δημιουργία σταγόνων νερού. Τα σταγονίδια νερού που δημιουργούνται με τον τρόπο αυτό μετατρέπονται πολύ γρήγορα σε κρυστάλλους πάγου λόγω της περαιτέρω μείωσης της θερμοκρασίας που προκαλείται από τη συνεχόμενη μείξη του μίγματος καυσαερίου-αέρα με τον περιβάλλοντα αέρα. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζονται ίχνη συμπύκνωσης τα οποία είναι σύννεφα με κρυστάλλους πάγου.

Αντιθέτως, στην περίπτωση όπου επικρατούν υψηλά επίπεδα υγρασίας οι διαμορφωμένοι κρύσταλλοι πάγου θα συνεχίσουν να αυξάνουν σε μέγεθος με τη λήψη υδρατμού από τον περιβάλλοντα αέρα. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζονται ίχνη συμπύκνωσης μεγάλου μήκους (επίμονα ίχνη συμπύκνωσης, *persistent contrails*), με χρόνο ζωής που μπορεί να είναι αρκετές ώρες.

Τα ίχνη συμπύκνωσης είναι σύννεφα που αποτελούνται κυρίως από νερό και έτσι δεν αποτελούν άμεσο κίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων και των άλλων έμβιων όντων. Παρόλα αυτά τα τελευταία χρόνια έχουν προσελκύσει αρκετό επιστημονικό ενδιαφέρον επειδή επηρεάζουν τη νέφωση της ατμόσφαιρας. Η συμπεριφορά τους είναι ένας τομέας σχετικά άγνωστος στους ερευνητές, καθώς η μελέτη τους δεν είναι εύκολη. Εκτός από τη μεγάλη απόσταση που δυσχεραίνει την παρατήρηση, οι ουρές συμπύκνωσης δυσκολεύουν ακόμη περισσότερο τους επιστήμονες επειδή οι συνθήκες σχηματισμού τους διαφέρουν κάθε φορά, δηλαδή σχηματίζονται όταν ο αέρας

είναι ψυχρός και υγρός (και άρα σχηματίζονται πιο εύκολα τον χειμώνα παρά το καλοκαίρι, σε μεγάλα υψόμετρα παρά κοντά στο έδαφος και σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη παρά κοντά στον Ισημερινό) και εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες.

Μελετώντας τη διάρκεια ζωής τους και μετρώντας το πάχος τους με οπτικά μέσα, οι επιστήμονες υπολόγισαν ότι οι ουρές συμπύκνωσης αυξάνουν κατά 40% το φαινόμενο του θερμοκηπίου που προκαλεί το διοξείδιο του άνθρακα. Συνεπώς, σε συνδυασμό με τα οξείδια του αζώτου (NO_x), διπλασιάζουν την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπουν τα αεροπλάνα στην ατμόσφαιρα.

Πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι, εκτός από τις ουρές συμπύκνωσης, τα αεροπλάνα προκαλούν επίσης τον σχηματισμό θυσανόμορφων νεφών, αραιών διαχωρισμένων νεφών που μοιάζουν με λεπτά νήματα ή ζώνες, τα οποία εμφανίζονται ψηλά στον ουρανό και συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της θερμοκρασίας. Η θεωρία αυτή είναι ωστόσο δύσκολο να αποδειχθεί, γιατί οι θύσανοι σχηματίζονται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου, όπως προαναφέραμε, οι ερευνητές δεν έχουν τη δυνατότητα να κάνουν λεπτομερείς έρευνες, ενώ είναι αδύνατον να ξεχωρίσει κανείς έναν «φυσικό» θύσανο από έναν «τεχνητό», ο οποίος έχει δημιουργηθεί από αεροσκάφος.



Σχήμα 2.14: Σχηματισμός θυσανόμορφων νεφών.

Τα θυσανόμορφα νέφη επηρεάζουν άμεσα την ακτινοβολία που προσπίπτει και εκλύεται από τη Γη. Ειδικότερα, μειώνεται η ακτινοβολία του ήλιου που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης και συνεπώς μειώνεται και το εύρος των θερμοκρασιών στην επιφάνεια της Γης, ενώ αντιθέτως θερμαίνονται τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και συγκεκριμένα η τροπόσφαιρα. Παρόλα αυτά, οι μηχανισμοί που συνδέονται με τη δημιουργία των θυσανόμορφων νεφών δεν είναι πλήρως κατανοητοί και χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση.

2.3 Δείκτες ποσοτικού προσδιορισμού της κλιματικής αλλαγής

Υπάρχουν διάφοροι δείκτες για τον ποσοτικό προσδιορισμό της κλιματικής αλλαγής αλλά λίγοι είναι εκείνοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις αερομεταφορές. Συγκεκριμένα, η IPCC χρησιμοποιεί δύο διαφορετικούς δείκτες σύγκρισης των εκπομπών από τις αερομεταφορές. Την κατακράτηση ακτινοβολίας (Radiative Forcing) και το παγκόσμιο δυναμικό θέρμανσης (Global Warming Potential).

2.3.1 Κατακράτηση ακτινοβολίας

Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που επηρεάζει το κλίμα της γης προέρχεται από τον ήλιο. Η ατμόσφαιρα απορροφά και αντανακλά ένα μέρος της ενέργειας, ενώ η μεγάλου κύματος ακτινοβολία επανεκπέμπεται πίσω στο διάστημα. Η ισορροπία μεταξύ της απορροφημένης και της αντανακλώμενης ακτινοβολίας καθορίζει τη μέση θερμοκρασία. Διάφοροι παράγοντες μπορούν να μεταβάλλουν την παραπάνω ισορροπία, όπως η ένταση της ηλιακής ενέργειας, η ανάκλαση από τα σύννεφα ή τα αέρια, η απορρόφηση από διάφορες επιφάνειες, και η εκπομπή θερμότητας από διάφορα υλικά. Οποιαδήποτε τέτοια μεταβολή, προκαλεί μεταβολή και στην ποσότητα της ακτινοβολίας που εισέρχεται ή εξέρχεται με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας νέας ισορροπίας. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *κατακράτηση ακτινοβολίας (radiative forcing)*.

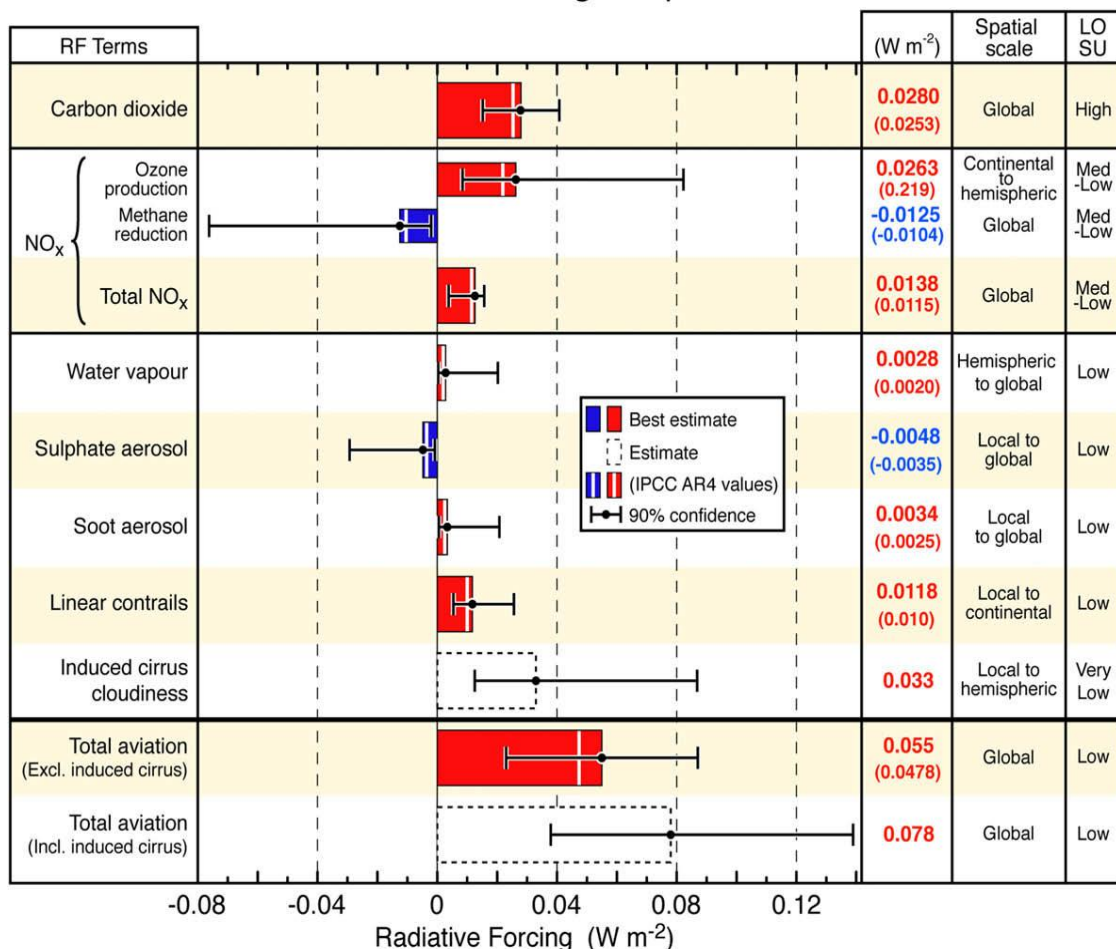
Σύμφωνα με την IPCC, η κατακράτηση ακτινοβολίας είναι ένα μέτρο της επιρροής ενός παράγοντα στην ισορροπία της εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας στο σύστημα Γη – τροπόσφαιρα, και είναι δείκτης ενός πιθανού μηχανισμού αλλαγής κλίματος. Ο δείκτης RF έχει μονάδα μέτρησης το Watt ανά τετραγωνικό μέτρο (Wm^{-2}). Είναι δηλαδή η διαφορά μεταξύ της εισερχόμενης ενέργειας ακτινοβολίας και της εξερχόμενης ενέργειας ακτινοβολίας σε ένα δεδομένο σύστημα κλίματος. Ένας θετικός δείκτης κατακράτησης ακτινοβολίας (περισσότερη εισερχόμενη ενέργεια), όπως αυτός προκύπτει από τις αυξανόμενες συγκεντρώσεις των αερίων θερμοκηπίου, τείνει να θερμάνει την επιφάνεια της Γης. Ένας αρνητικός δείκτης κατακράτησης ακτινοβολίας (περισσότερη εξερχόμενη ενέργεια), ο οποίος μπορεί να προκύψει από μια αύξηση σε μερικούς τύπους αερολυμάτων (μικροσκοπικά αερομεταφερόμενα μόρια), τείνει να δροσίσει την επιφάνεια της Γης.

Παρόλο που ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται ευρύτατα για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων των εκπομπών των αερίων μέσα στο έτος και ειδικότερα αυτών με μεγάλη διάρκεια ζωής, υπάρχουν αμφιβολίες για τη χρησιμότητά του στα υπόλοιπα αέρια. Ένα μεγάλο θέμα είναι ότι μερικά αέρια όπως τα θυσανόμορφα νέφη, τα ίχνη συμπύκνωσης καθώς και το όζον και το μεθάνιο που παράγεται από τα οξείδια του αζώτου, είναι ανομοιογενή, έχουν μικρή διάρκεια ζωής και μεταβάλλονται ανάλογα με τις εποχές. Συνεπώς, ο προσδιορισμός της ποσότητας κατακράτησης ακτινοβολίας είναι αρκετά δύσκολος, εμπεριέχει πολλές αβεβαιότητες ενώ δεν αναδεικνύει την επίδραση αυτών των αερίων στην μεταβολή του κλίματος.

Στο παρακάτω σχήμα καταγράφονται οι τιμές της κατακράτησης ακτινοβολίας για όλα τα αέρια που σχετίζονται με τις αερομεταφορές, όπως

αυτά υπολογίστηκαν από τους Lee et al. για το έτος 2005. Η ευθεία γραμμή αναπαριστά το εύρος της αβεβαιότητας των τιμών και η άσπρη μπάρα τις τιμές που είχε καταγράψει η IPCC για το έτος 1992. Στην πρώτη στήλη δεξιά καταγράφονται οι τιμές για το 2005 και σε παρένθεση οι τιμές από την IPCC για το 1992. Η δεύτερη στήλη αναφέρεται στο επίπεδο εκπομπών των αερίων (ημισφαιρικό ή παγκόσμιο), ενώ η τρίτη στήλη στο επίπεδο κατανόησης των αερίων που εκπέμπονται από τα αεροσκάφη. Όπως φαίνεται, απαιτείται περαιτέρω έρευνα στην κατανόηση τόσο του τρόπου δημιουργίας των αερίων αλλά και του ποσοτικού προσδιορισμού τους, και ειδικότερα στην περίπτωση των θυσανόμορφων νεφών καθώς δεν έχει αποδειχθεί ο πλήρης συσχετισμός τους με τις εκπομπές των αεροσκαφών.

Aviation Radiative Forcing Components in 2005



Σχήμα 2.15: Τιμές κατακράτησης ακτινοβολίας (σε Wm⁻²) για τα αέρια των αεροσκαφών (2005). [17]

2.3.2 Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης

Το Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης (Global Warming Potential) είναι ένας δείκτης ποσοτικού προσδιορισμού της επίπτωσης από την εκπομπή ενός αερίου στην ατμόσφαιρα και της συμβολής του στη θέρμανση του πλανήτη. Ο δείκτης GWP συσχετίζει την επίπτωση από την εκπομπή του αερίου με εκείνη

από την εκπομπή της ίδιας ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα, σε ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα (π.χ. 100 έτη). Το Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης του διοξειδίου του άνθρακα είναι ίσο με 1. Όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή του GWP τόσο μεγαλύτερη είναι η επιβάρυνση του αερίου για το περιβάλλον.

Ο υπολογισμός της τιμής GWP για ένα αέριο υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο ζωής του στην ατμόσφαιρα και την ικανότητά του να απορροφά την εξερχόμενη υπέρυθη ακτινοβολία (κατακράτηση ακτινοβολίας). Συνεπώς η τιμή GWP είναι η αναλογία της ποσότητας της ακτινοβολίας που απορροφά μία μονάδα εκπομπής του αερίου (π.χ. ένας τόνος) για συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα, σε σχέση με την ποσότητα της ακτινοβολίας που απορροφά η ίδια μονάδα εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα. Αν ένα αέριο έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από το διοξείδιο του άνθρακα θα έχει τιμή GWP μεγαλύτερη από 1.

Πίνακας 2.2: Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη των κυριότερων αερίων του θερμοκηπίου. [19]

Αέριο	Χρόνος ζωής (έτη)	Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη (GWP)		
		20 έτη	100 έτη	500 έτη
CO ₂	μεταβλητός	1	1	1
CH ₄	12±3	56	21	6,5
N ₂ O	120	280	310	170
SF ₆	3200	16300	23900	34900

Το Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης είναι πολύ χρήσιμο εργαλείο για τη σύγκριση των επιπτώσεων δύο διαφορετικών αερίων, όμως όσον αφορά τις εκπομπές από τις αερομεταφορές δεν είναι ο καταλληλότερος δείκτης. Η παράμετρος GWP ισχύει για αέρια τα οποία είναι ομοιογενώς καταναμεμένα στην ατμόσφαιρα και έχουν σχετικά μεγάλη διάρκεια ζωής. Συνεπώς, αέρια που εκπέμπονται από αεροσκάφη, όπως τα οξείδια του αζώτου ή τα ίχνη συμπύκνωσης, έχουν μικρή διάρκεια ζωής η οποία εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως τον τόπο, την εποχή που γίνεται η εκπομπή, τη θερμοκρασία και τις συγκεντρώσεις άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα. Έτσι, ενώ ο δείκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αέρια με μεγάλη διάρκεια ζωής όπως το διοξείδιο του άνθρακα ή το μεθάνιο, δεν είναι κατάλληλος για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων των εκπομπών από τις αερομεταφορές.

Έχουν γίνει προσπάθειες για τον προσδιορισμό της τιμής GWP για τα αέρια των αεροσκαφών, όμως τα αποτελέσματα ποικίλουν καθώς οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται και οι υποθέσεις που γίνονται είναι διαφορετικές σε κάθε ανάλυση. Προς το παρόν, δεν έχουν γίνει ακριβείς υπολογισμοί του Δυναμικού Παγκόσμιας Θέρμανσης για τα αέρια των αεροσκαφών.

2.3.3 Σύγκριση των δεικτών ποσοτικού προσδιορισμού της κλιματικής αλλαγής

Ο καταλληλότερος δείκτης για τον ποσοτικό προσδιορισμό των επιπτώσεων από τις εκπομπές των αεροσκαφών είναι η κατακράτηση ακτινοβολίας. Ωστόσο ο δείκτης αυτός δεν αναφέρεται στην επίδραση μίας μονάδας εκπομπής αερίου αλλά στις επιπτώσεις των ιστορικών εκπομπών των αερομεταφορών.

Το Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης χρησιμοποιείται περισσότερο για τον ποσοτικό προσδιορισμό των επιπτώσεων αερίων που εκπέμπονται κοντά στην επιφάνεια της Γης, οπότε δεν είναι ο κατάλληλος δείκτης για τις αερομεταφορές.

Πίνακας 2.3: Σύγκριση των δεικτών ποσοτικού προσδιορισμού της κλιματικής αλλαγής.
[17]

Δείκτης	Τιμή
Κατακράτηση Ακτινοβολίας (RF)	2,7 (IPCC) 1,9 (TRADEOFF)
Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης (GWP)	Δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Οι πρώτοι που άρχισαν να κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για την κλιματική μεταβολή που οφείλεται σε ανθρωπογενείς αιτίες ήταν οι επιστήμονες. Στοιχεία από τις δεκαετίες του 1960 και 1970 έδειχναν ότι οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξάνονταν σημαντικά, γεγονός που οδήγησε τους κλιματολόγους αρχικά και στη συνέχεια και άλλους επιστήμονες να πιέσουν για δράση.

Η Συνδιάσκεψη στη Στοκχόλμη (1972) ήταν η αρχή, σε παγκόσμιο κυβερνητικά επίπεδο, για την προστασία του περιβάλλοντος. Στη Στοκχόλμη συγκεντρώθηκαν εκπρόσωποι διαφόρων οργανισμών του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (Ο.Η.Ε.), μη κυβερνητικές οργανώσεις και εθνικές αντιπροσωπείες από 113 κράτη (ανεπτυγμένα και αναπτυσσόμενα) και οριοθέτησαν τα «δικαιώματα» των ανθρώπινων κοινωνιών και των πολιτών τους σε ένα υγιές και παραγωγικό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα της Συνδιάσκεψης ήταν πολύ σημαντικά και ένα από αυτά ήταν η δημιουργία του Περιβαλλοντικού Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Environment Programme, UNEP).

Το επόμενο βήμα για την προστασία του περιβάλλοντος ήταν το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (1987). Σαν αποτέλεσμα της ανακάλυψης της τρύπας του όζοντος στην Ανταρκτική το 1985, οι κυβερνήσεις αναγνώρισαν την ανάγκη λήψης μέτρων για περιστολή της παραγωγής και της κατανάλωσης ενός αριθμού ουσιών που μειώνουν το στρώμα του όζοντος. Το πρωτόκολλο αποτελεί ένα «εγχειρίδιο» στο οποίο περιλαμβάνονται όλα τα μέτρα ελέγχου των ουσιών που μειώνουν το όζον και σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε το χρονοδιάγραμμα εξάλειψης να μπορεί να αναθεωρείται επί τη βάση περιοδικών επιστημονικών και τεχνολογικών εξελίξεων.

Το περιβαλλοντικό πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής έγινε επίσημα αποδεκτό το 1988 στη Διεθνή Συνδιάσκεψη για την αλλαγή της ατμόσφαιρας και τις επιπτώσεις της αλλαγής αυτής στην παγκόσμια ασφάλεια, που πραγματοποιήθηκε στο Τορόντο του Καναδά με τη συμμετοχή του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας και του Περιβαλλοντικού Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών. Η κλιματική αλλαγή συνδέθηκε τότε και με την τρύπα του όζοντος και με τη μεταφορά τοξικών και όξινων ουσιών. Σημαντικότερες προτάσεις της Συνδιάσκεψης ήταν η μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα κατά 20% ως προς τα επίπεδα εκπομπών του 1988 μέχρι το έτος 2005 και η σύσταση της Διακυβερνητικής Επιτροπής Κλιματικής Αλλαγής (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC).

Η ομάδα παρουσίασε μια πρώτη έκθεση αξιολόγησης το 1990, η οποία απεικόνιζε τις απόψεις 400 επιστημόνων. Σύμφωνα με την αναφορά αυτή, το πρόβλημα της αύξησης της θερμοκρασίας ήταν υπαρκτό και όφειλε να αντιμετωπιστεί άμεσα. Η έκθεση αυτή ήταν το κίνητρο για να γίνει το πρώτο αποφασιστικό βήμα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής κατά τη διάρκεια της Συνόδου Κορυφής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, τον

Ιούνιο του 1992 στο Ρίο όπου από τις 178 χώρες που συμμετείχαν, 154 υπέγραψαν τη Σύμβαση - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Η σύμβαση δεν έθεσε νομικά δεσμευτικές υποχρεώσεις αλλά τις βάσεις για περαιτέρω δράση στο μέλλον. Ανάμεσα στους στόχους της Σύμβασης – Πλαίσιο ήταν και η σταθεροποίηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου σε επίπεδα που θα αποτρέπουν τις επικίνδυνες ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στο κλίμα του πλανήτη και που θα επιτρέπουν τη συνέχιση της οικονομικής ανάπτυξης. Το 1995 οι χώρες που υπέγραψαν τη Σύμβαση κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι αρχικές δεσμεύσεις ήταν αναποτελεσματικές και έτσι ξεκίνησαν συζητήσεις για τη θεσμοθέτηση ενός νομικά δεσμευτικού πρωτοκόλλου στη Σύμβαση. Οι διαπραγματεύσεις κατέληξαν στο Πρωτόκολλο του Κιότο το 1997, το οποίο δέσμευσε τόσο τις βιομηχανικές χώρες όσο και τις χώρες του πρώην Ανατολικού μπλοκ να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 κατά τη διάρκεια της περιόδου 2008-2012.

Μετά από τρία χρόνια οι κυβερνήσεις συμφώνησαν σε ένα κοινό σχέδιο δράσης αλλά και στο χρονοδιάγραμμα για την οριστικοποίηση της εφαρμογής του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Στις διαπραγματεύσεις που έγιναν στη Χάγη στα τέλη του 2000, η διαφωνία ανάμεσα στις ΗΠΑ και την Ευρωπαϊκή Ένωση σε πολλά από τα βασικά σημεία του Πρωτοκόλλου οδήγησε τελικά σε ναυάγιο των συνομιλιών. Μετά την αποχώρηση των ΗΠΑ από τις διαπραγματεύσεις, 178 κράτη συμφώνησαν στη Βόννη τον Ιούλιο του 2001 για τα περισσότερα βασικά σημεία του Πρωτοκόλλου.

Ένα χρόνο αργότερα, πραγματοποιήθηκε η Παγκόσμια Σύνοδος Κορυφής για την Αειφόρο Ανάπτυξη (Διάσκεψη του Γιοχάνεσμπουργκ, 2002). Το θετικό μέρος της Συνδιάσκεψης ήταν τα βήματα προόδου που επιτεύχθηκαν, αν και οι διαπραγματεύσεις για την κλιματική αλλαγή είχαν έρθει σε δεύτερη μοίρα μετά το τρομοκρατικό χτύπημα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου, όπως η ενεργοποίηση του Πρωτοκόλλου του Κιότο και η διατύπωση ενός προγράμματος δράσης για τις διαπραγματεύσεις για το κλίμα μετά το Γιοχάνεσμπουργκ.

Η Διάσκεψη της Κοπεγχάγης που διεξήχθη το Δεκέμβριο του 2009 είχε σαν στόχο να επιτευχθεί μια παγκόσμια συμφωνία για την κλιματική αλλαγή, διάδοχη του Πρωτοκόλλου του Κιότο το οποίο λήγει το έτος 2012. Μια συμφωνία μεταξύ των συμβαλλομένων μερών δηλαδή των διαφόρων κρατών που θα ήταν δεσμευτική για τους υπογράφοντες θέτοντας συγκεκριμένους στόχους και μέτρα μείωσης των εκπομπών και αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Η χαρακτηριζόμενη ως ιστορική Διάσκεψη, είχε θεωρηθεί από τους επιστήμονες ως η σημαντικότερη που έχει γίνει μέχρι στιγμής. Για πρώτη φορά στην διάρκεια 17 χρόνων συζητήσεων για το κλίμα, ένας μεγάλος αριθμός κρατών ευαισθητοποιήθηκε και κοινοποίησε στόχους και προτάσεις για τη σωτηρία του πλανήτη.

Αντικειμενικοί στόχοι των διαπραγματεύσεων στην Διάσκεψη της Κοπεγχάγης υπήρξαν:

- Ο καθορισμός επιπέδων δέσμευσης όλων των αναπτυσσόμενων κρατών για συγκεκριμένα ποσοστά μείωσης των παραγόμενων ρύπων
- Η επίτευξη δέσμευσης για μέτρα μείωσης εκπομπών αερίων των αναπτυσσόμενων χωρών.

- Ο προσδιορισμός του ύψους της αναγκαίας διεθνούς χρηματοδότησης που θα πρέπει να παρέχουν οι αναπτυσσόμενες χώρες για την προσαρμογή των αναπτυσσόμενων χωρών στην κλιματική αλλαγή
- Ο προσδιορισμός των μέσων υλοποίησης των δεσμεύσεων για τη μείωση των εκπομπών και την προσαρμογή των αναπτυσσόμενων χωρών στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η μεταφορά τεχνολογίας, η χρηματοδότηση και η ανάπτυξη ικανοτήτων των αναπτυσσόμενων χωρών αποτελούν τα μέσα υλοποίησης.

Όπως φάνηκε στις διαπραγματεύσεις, οι αναπτυσσόμενες χώρες προωθούσαν μια νέα συμφωνία, χωρίς να λάβουν υπόψη τα προβλήματα και τις ανησυχίες των οικονομικά αδύναμων χωρών. Φοβούμενες μη χάσουν πολλά από τα οφέλη που προέβλεπε το Πρωτόκολλο του Κιότο, οι φτωχότερες χώρες, εγκατέλειψαν προσωρινά τις διαπραγματεύσεις, για να επιστρέψουν σε αυτές λίγο αργότερα. Από την άλλη πλευρά, οι πλούσιες αναπτυσσόμενες χώρες χάριν της οικονομικής ανάπτυξης, δεν έδειξαν ιδιαίτερη προθυμία να δεσμευτούν για μεγάλες μειώσεις στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Οι φτωχότερες χώρες, καθοδηγούμενες από την Κίνα, ζητούσαν μείωση των ρύπων από τις βιομηχανικά αναπτυσσόμενες χώρες, με την αιτιολογία ότι εκείνες ευθύνονται για την σημερινή хаοτική κατάσταση. Στην αντίπερα όχθη, οι πλουσιότερες χώρες, υπό τις συστάσεις των ΗΠΑ, επικαλούνταν την οικονομική και πληθυσμιακή ανάπτυξη αυτών των χωρών, χαρακτηρίζοντας την Κίνα, τη Βραζιλία και την Ινδία ως τους μελλοντικούς μεγαλύτερους ρυπαντές.

Η χωρίς δεσμευτικού χαρακτήρα Συμφωνία της Κοπεγχάγης αναγνωρίζει την ανάγκη περικοπών των εκπομπών ρύπων με κύριο στόχο να συγκρατηθεί η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κάτω από τους 2 βαθμούς Κελσίου, ώστε να αποφευχθούν φυσικές καταστροφές όπως οι πλημμύρες, οι καύσωνες, η εξαφάνιση διάφορων ειδών της πανίδας και της χλωρίδας και η αύξηση της στάθμης των ωκεανών. Το νέο σχέδιο διακήρυξης θέτει ως στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 50% μέχρι το 2050, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Καθορίζει εθελοντικές δεσμεύσεις των μεγάλων αναπτυσσόμενων χωρών για περιορισμό των ρύπων, χωρίς να αναφέρει όμως συγκεκριμένα ποσοστά για τη μείωση τους μέχρι το 2020 ή να επιβάλλει σαφείς χρονικές προθεσμίες. Ωστόσο, καλεί για την υιοθέτηση μιας νομικά δεσμευτικής συνθήκης ως τα τέλη του 2010 και αναφέρεται στην επανεξέταση, το 2016, του σχεδίου της Διακήρυξης.

Στη Συμφωνία προβλέπεται η σύσταση ενός Κλιματικού Μηχανισμού Χρηματοδότησης προς τις αναπτυσσόμενες χώρες, το οποίο θα διαχειρίζεται κεφάλαιο ύψους 100 δις δολαρίων ετησίως. Η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε να συμβάλει με το ποσό των 10.6 δις δολαρίων, η Ιαπωνία με 11 δις δολάρια και οι Ηνωμένες Πολιτείες με 3.6 δις δολάρια. Τα κονδύλια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις αναπτυσσόμενες χώρες για να καταπολεμήσουν την αποδάσωση, να στραφούν στην πράσινη ανάπτυξη, να μειώσουν τις εκπομπές τους, καθώς και για να προστατευτούν από τις αναπόφευκτες επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών. Επιπροσθέτως, οι αναπτυσσόμενες χώρες δέχθηκαν να αναλάβουν μονομερείς δράσεις για τη μείωση των εκπομπών τους, εάν λάβουν επαρκή οικονομική βοήθεια από τις αναπτυσσόμενες χώρες.

Η Συμφωνία δεν κάνει καμία αναφορά στο αίτημα των αναπτυσσόμενων κρατών για παράταση, μετά του 2012, του Πρωτοκόλλου του Κιότο, του μοναδικού νομικά δεσμευτικού κειμένου, ούτε προνοεί για την δημιουργία ενός μηχανισμού ελέγχου του περιορισμού των ρύπων. Επιπλέον, είναι σχεδιασμένη ώστε να μην υιοθετηθεί από τις 193 χώρες που πήραν μέρος στην Διάσκεψη και αν εναντιωθούν ορισμένες χώρες, θα υιοθετηθεί μόνο από εκείνες που την υποστηρίζουν. Οι αντιπροσωπείες τις Βενεζουέλας, της Βολιβίας, της Κούβας και της Νικαράγουας αποκήρυξαν ήδη τη Συμφωνία, τονίζοντας ότι καταρτίστηκε αδιαφανώς και ότι δεν θα συμβάλλει στην αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

3.1 Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές

Η Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος, το πρώτο διεθνές μέτρο με το οποίο επιδιώχθηκε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής, συνήφθη το Μάιο του 1992 και άρχισε να ισχύει το Μάρτιο του 1994. Επιβάλλει σε όλα τα συμβαλλόμενα μέρη την υποχρέωση να θεσπίσουν εθνικά προγράμματα για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και να υποβάλλουν τακτικές εκθέσεις, ενώ απαιτεί από τις βιομηχανικές συνυπογράφουσες χώρες, σε αντιδιαστολή με τις αναπτυσσόμενες, να επιτύχουν τη σταθεροποίηση των δικών τους εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου στα επίπεδα του 1990, μέχρι το έτος 2000. Ο στόχος αυτός, ωστόσο, δεν είναι δεσμευτικός.

Η Σύμβαση προβλέπει για όλα τα Κράτη, αναγνωρίζοντας κοινές αλλά διαφοροποιημένες υποχρεώσεις και την ύπαρξη εθνικών αναπτυξιακών προτεραιοτήτων, τα εξής:

1. την ανάπτυξη, τακτική ενημέρωση και δημοσιοποίηση εθνικών απογραφών των ανθρωπογενών εκπομπών βάσει συγκρίσιμων μεθοδολογιών.
2. τη δημοσίευση, αναθεώρηση και εφαρμογή εθνικών προγραμμάτων για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.
3. την υιοθέτηση πολιτικών και μέτρων με στόχο την επαναφορά των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στα επίπεδα του έτους 1990 μέχρι το 2000 για τα Κράτη που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι της Σύμβασης (ανεπτυγμένα κράτη). Η σύμβαση δίνει τη δυνατότητα ο στόχος αυτός να επιτευχθεί από κάθε κράτος ξεχωριστά ή από κοινού με άλλα.

Με τη διάκριση ανάμεσα στις βιομηχανικές και τις αναπτυσσόμενες χώρες, η Σύμβαση –πλαίσιο αναγνωρίζει το γεγονός ότι οι βιομηχανικές χώρες ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου και ότι διαθέτουν επίσης τη θεσμική και χρηματοοικονομική ικανότητα να τις περιορίσουν. Τα συμβαλλόμενα μέρη συναντώνται ετησίως για μία επισκόπηση της προόδου και για τη συζήτηση νέων μέτρων, ενώ έχουν θέσει σε εφαρμογή ορισμένους μηχανισμούς

πλανητικής παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων, ώστε να καταγράφονται οι εκπομπές αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Το 1994, ήταν ήδη παραδεκτό ότι οι αρχικές δεσμεύσεις βάσει της Σύμβασης –Πλαίσιο δεν επρόκειτο να επαρκέσουν για να αναχαιτιστεί η παγκόσμια αύξηση των εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στις 11 Δεκεμβρίου 1997, οι κυβερνήσεις προχώρησαν ένα βήμα περισσότερο, εγκρίνοντας πρωτόκολλο της Σύμβασης –πλαίσιο στην ιαπωνική πόλη του Κιότο.

Στη Σύμβαση –πλαίσιο, οι συνολικά 186 χώρες που ήταν συμβαλλόμενα μέρος υποδιαιρούνται σε δύο κύριες ομάδες:

- **μέρη του Παραρτήματος Ι:** πρόκειται για 40 συνολικά βιομηχανικές χώρες και έναν περιφερειακό οργανισμό οικονομικής ανάπτυξης. Σε αυτές συγκαταλέγονται οι 24 σχετικά εύπορες βιομηχανικές χώρες που ήταν μέλη του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) το 1992, τα (τότε) 15 κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και 11 χώρες με οικονομίες που διέρχονται φάση μετάβασης προς την οικονομία της αγοράς, μεταξύ των οποίων η Ρωσία, οι Βαλτικές χώρες και ορισμένα κράτη της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης.
- **μέρη εκτός του Παραρτήματος Ι:** πρόκειται για τις υπόλοιπες 146 αναπτυσσόμενες – κυρίως – χώρες που δεν περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι. Σε αυτές περιλαμβάνονται χώρες που είναι ευάλωτες είτε λόγω των αρνητικών επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος (όπως για παράδειγμα οι χώρες που θα αντιμετωπίσουν σημαντικά προβλήματα εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας ή από την ερημοποίηση και την ξηρασία), είτε λόγω των δυνητικών επιπτώσεων στην οικονομία τους εξαιτίας της λήψης μέτρων κατά της κλιματικής αλλαγής από τρίτες χώρες (όπως για παράδειγμα οι χώρες που το εισόδημά τους βασίζεται κυρίως στην παραγωγή και το εμπόριο ορυκτών καυσίμων). Αναφέρεται ότι η Σύμβαση δίνει ιδιαίτερη προσοχή σε εκείνες τις 48 χώρες που χαρακτηρίζονται από τα Ηνωμένα Έθνη ως λιγότερο αναπτυγμένες εξαιτίας των περιορισμένων δυνατοτήτων τους να αντιδράσουν στην κλιματική αλλαγή και να προσαρμοστούν στις αρνητικές επιπτώσεις της. Συγκεκριμένα, προβλέπεται ότι θα πρέπει να προβλεφθούν ορισμένα μέσα (όπως για παράδειγμα, η χρηματοδότηση και η μεταφορά τεχνογνωσίας) προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες τους.

Εκτός από τις δύο προαναφερθείσες κατηγορίες υπάρχει και η ομάδα των μερών του Παραρτήματος ΙΙ. Η ομάδα αυτή είναι υποσύνολο της ομάδας των μερών του Παραρτήματος Ι. Συγκεκριμένα, αποτελείται από εκείνες τις χώρες του Παραρτήματος Ι που είναι μέλη του ΟΟΣΑ, αλλά όχι από τα μέρη με μεταβατική οικονομία. Τα μέρη του Παραρτήματος ΙΙ οφείλουν να παρέχουν οικονομικούς πόρους στα αναπτυσσόμενα κράτη προκειμένου να τα βοηθήσουν να επιτύχουν τους στόχους μείωσης των εκπομπών τους και να προσαρμοστούν στις αρνητικές επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος. Επιπρόσθετα, τα μέρη του Παραρτήματος ΙΙ οφείλουν να παρέχουν την απαραίτητη τεχνογνωσία για την ανάπτυξη φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών τόσο στις χώρες με μεταβατική οικονομία, όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η προβλεπόμενη παροχή της οικονομικής βοήθειας

πραγματοποιείται μέσω ειδικού ταμείου, όπως αυτό προβλέπεται από τους οικονομικούς μηχανισμούς της Σύμβασης.

Διάσκεψη των Συμβαλλομένων Μερών της Σύμβασης (COP)

Η Διάσκεψη των Συμβαλλομένων Μερών (Conference of the Parties - COP) είναι το «ανώτατο σώμα» της Σύμβασης, δηλαδή η υψηλότερη αρχή της λήψης αποφάσεων. Στη Διάσκεψη μετέχουν όλες οι χώρες που είναι συμβαλλόμενα μέρη της σύμβασης. Η COP είναι υπεύθυνη για την υιοθέτηση αποφάσεων σχετικά με την εφαρμογή και την περαιτέρω εξέλιξη της Σύμβασης, καταγράφει την πορεία εφαρμογής της σύμβασης και εξετάζει τις δεσμεύσεις των μερών υπό το πρίσμα του στόχου της Σύμβασης, τα νέα επιστημονικά δεδομένα και την εμπειρία που αποκτήθηκε κατά την εφαρμογή πολιτικών για την αλλαγή του κλίματος. Ένα βασικό καθήκον για την COP είναι η αναθεώρηση των εθνικών εκθέσεων και των απογραφών των εκπομπών που υποβάλλονται από τα Μέρη. Βάσει των πληροφοριών αυτών, η COP αξιολογεί τα αποτελέσματα των μέτρων που λαμβάνονται από τα μέρη και την πρόοδο που σημειώθηκε στην επίτευξη του απώτερου στόχου της Σύμβασης. Η COP συνεδριάζει κάθε χρόνο, εφόσον τα μέρη δεν αποφασίσουν διαφορετικά, στην έδρα της Γραμματείας της Σύμβασης στη Βόννη ή σε κάποιο κράτος –μέρος που προσφέρεται να φιλοξενήσει τη σύνοδο.

3.2 Το πρωτόκολλο του Κιότο

Το Πρωτόκολλο του Κιότο αποτελεί έναν «οδικό χάρτη», στον οποίο περιλαμβάνονται τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος που προκαλείται λόγω της αύξησης των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με αυτό, τα κράτη που το έχουν συνυπογράψει δεσμεύονται να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων (2008-2012) κατά ένα συγκεκριμένο στόχο σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 (ή του 1995 για ορισμένα αέρια).

Το πρωτόκολλο υιοθετήθηκε στις 11 Δεκεμβρίου 1997 στο Κιότο της Ιαπωνίας και τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005, ενώ μέχρι και τον Απρίλιο του 2010, 191 χώρες το είχαν υπογράψει και επικυρώσει. Σύμφωνα με αυτό, 37 ανεπτυγμένες χώρες οι οποίες ευθύνονται για το 55% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα του 1990 (μέρη του Παραρτήματος Ι), δεσμεύτηκαν για τη μείωση τεσσάρων αερίων του θερμοκηπίου (CO_2 , CH_4 , NO_x , SF_6) και δύο ειδών αερίων (υδροφθοράνθρακες, υπερφθοράνθρακες) κατά 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Οι υπόλοιπες έδωσαν γενικές δεσμεύσεις για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Στις υποχρεώσεις των χωρών δεν περιλαμβάνονται οι εκπομπές από τις αερομεταφορές και τη ναυσιπλοΐα, αλλά αυτές αποτελούν μέρος του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ αφού ανήκουν στα αέρια τα οποία επιδρούν στη στιβάδα του όζοντος.



Σχήμα 3.1: Συμμετοχή χωρών στο Πρωτόκολλο του Κιότο: με πράσινο χρώμα δηλώνονται οι χώρες που υπέγραψαν και επικύρωσαν το πρωτόκολλο, με κόκκινο οι χώρες που το υπέγραψαν αλλά δεν το επικύρωσαν και με γκρι χρώμα οι χώρες που δεν έχουν πάρει θέση. [20]

3.2.1 Ευέλικτοι μηχανισμοί του Πρωτοκόλλου του Κιότο

Μία χώρα μπορεί να πετύχει τους στόχους που της ορίζει το Πρωτόκολλο είτε μειώνοντας τις εκπομπές της, είτε, εναλλακτικά, χρησιμοποιώντας παράλληλα και κάποιους από τους λεγόμενους “ευέλικτους μηχανισμούς” που διαθέτει το Πρωτόκολλο. Συνοπτικά, οι μηχανισμοί αυτοί είναι οι εξής τρεις:

1) Εμπόριο εκπομπών (Emissions Trading)

Μία βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα που έχει μειώσει τις εκπομπές της πέραν των αρχικών στόχων που προβλέπει το Πρωτόκολλο, μπορεί να “πουλήσει” αυτή την επιπλέον μείωση σε άλλη χώρα που αντιμετωπίζει δυσκολίες στο να πετύχει το στόχο της. Κάθε χώρα λαμβάνει «δικαιώματα εκπομπών», δηλαδή δικαίωμα για να εκπέμψει συγκεκριμένη ποσότητα ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (το ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα επιτρέπει τα διαφορετικά αέρια του θερμοκηπίου να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους σε μια βάση υπολογισμού η οποία ως μονάδα μέτρησης έχει τη μονάδα διοξειδίου του άνθρακα). Έτσι, μια χώρα η οποία κατέχει αχρησιμοποίητα δικαιώματα μπορεί να τα πουλήσει σε κάποια άλλη η οποία έχει εκπέμψει περισσότερο σε σχέση με τα δικαιώματά της.

2) Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism, CDM)

Ο τελικός στόχος αυτού του μηχανισμού είναι οι αναπτυσσόμενες χώρες να αναπτύξουν καθαρές τεχνολογίες για να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης παρέχει κίνητρα έτσι ώστε οι βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες να χρηματοδοτήσουν προγράμματα για

τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις αναπτυσσόμενες χώρες. Έτσι, μια βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα, αντί να μειώσει τις δικές της εκπομπές, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών σε κάποια φτωχότερη χώρα όπου η μείωση αυτή είναι ευκολότερη και οικονομικότερη. Τα προγράμματα περιλαμβάνουν την προώθηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη χρήση της βιομάζας ως καύσιμου, την ανανέωση της τεχνολογίας σε μεγάλους λιγωτικούς ενεργειακούς σταθμούς κ.α. Ο στόχος του Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης είναι διπτός, αφού από τη μία τα ανεπτυγμένα κράτη επιτυγχάνουν τους στόχους τους για μείωση των εκπομπών τους και από την άλλη επιτυγχάνεται αιεφόρος ανάπτυξη στα αναπτυσσόμενα κράτη.

3) Κοινή εφαρμογή (Joint Implementation, JI)

Παραμερές εργαλείο με τον Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης. Σε αντίθεση όμως μ' αυτόν τα έργα πραγματοποιούνται σε χώρες που έχουν δεσμευτεί σε μειώσεις των εκπομπών τους μέσω του Πρωτοκόλλου του Κιότο αλλά είναι οικονομίες με μεταβατικό στάδιο (π.χ. οι χώρες της Ανατολικής Ευρώπης).

3.2.2 Παραρτήματα του Πρωτοκόλλου του Κιότο

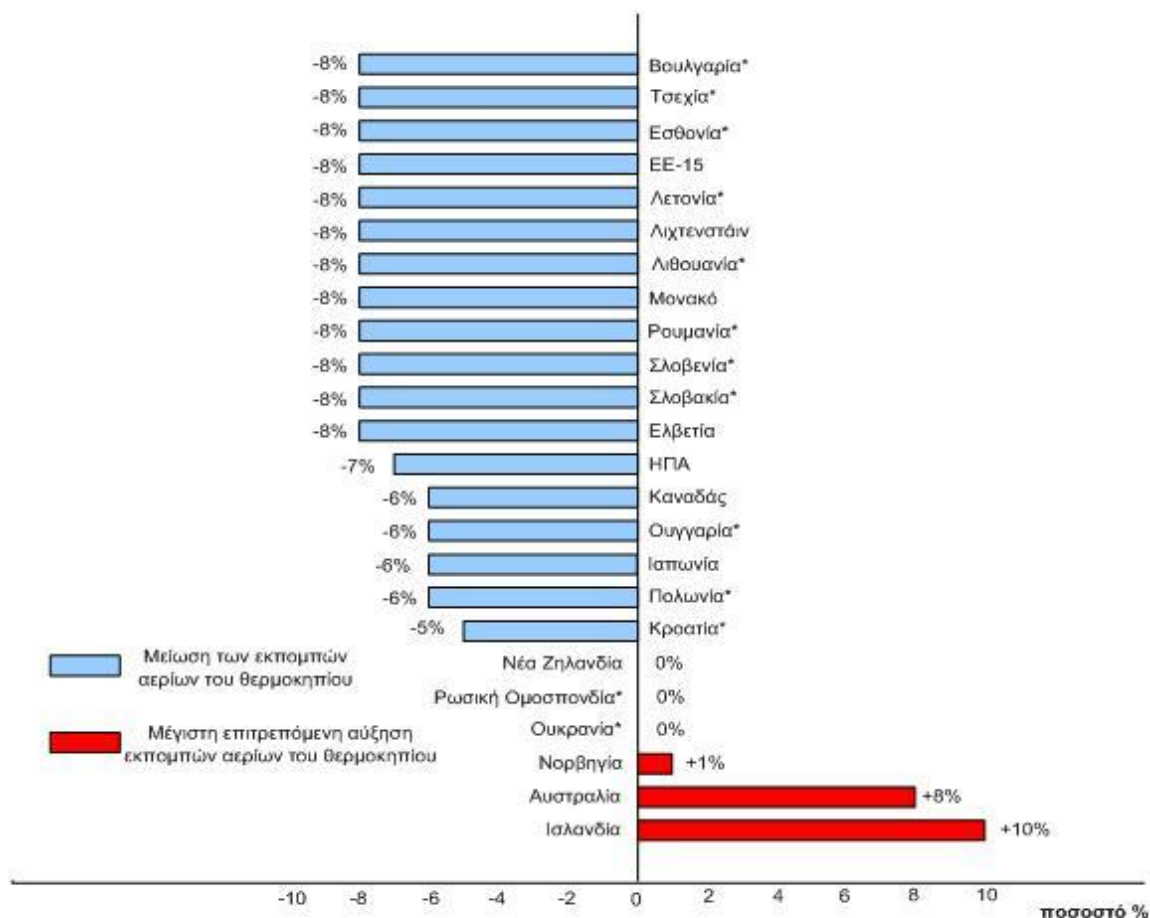
Στα Παραρτήματα Α και Β του Πρωτοκόλλου του Κιότο περιλαμβάνονται διάφορα σημαντικά στοιχεία που αφορούν στη λειτουργία των μηχανισμών που προβλέπονται σε αυτό προκειμένου να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή. Συγκεκριμένα, στο Παράρτημα Α περιλαμβάνονται:

- τα αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και συμμετέχουν στους μηχανισμούς του Κιότο δηλαδή το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), οι υδροφθοράνθρακες (HFCs), οι πλήρως φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες ή υπερφθοράνθρακες (PFCs) και το εξαφθοριούχο θείο (SF_6), καθώς και
- οι τομείς και οι κατηγορίες δραστηριοτήτων που είναι υπεύθυνοι για τα αέρια αυτά και οι οποίοι συμμετέχουν στους μηχανισμούς του Κιότο.

Πίνακας 3.1: Κατηγορίες δραστηριοτήτων που υπάγονται στο Πρωτόκολλο του Κιότο. [20]

Τομείς/κατηγορίες δραστηριοτήτων				
Ενέργεια		Βιομηχανικές διεργασίες	Χρήση διαλυτών και άλλων προϊόντων	
Χρήση καυσίμων	Διαφεύγουσες εκπομπές από καύσιμα	Προϊόντα εξόρυξης	Γεωργία	Απόβλητα
Ενεργειακές βιομηχανίες	Στερεά καύσιμα	Χημικές βιομηχανίες	Εντερικές ζυμώσεις	Διάθεση στερεών αποβλήτων στο έδαφος
Μεταποιητικές βιομηχανίες και κατασκευές	Πετρέλαιο και φυσικό αέριο	Παραγωγή μετάλλων	Διαχείριση ζωικών αποβλήτων	Διαχείριση υγρών αποβλήτων
Μεταφορές	Άλλα	Άλλη παραγωγή	Καλλιέργεια ρυζιού	Καύση απορριμμάτων
Άλλοι τομείς		Παραγωγή αλογονανθράκων και εξαφθοριούχου θείου	Γεωργικά εδάφη	Άλλα
Άλλα		Χρήση αλογονανθράκων και εξαφθοριούχου θείου	Προγραμματισμένες πυρκαγιές σε σαβάνες	
		Άλλα	Καύση γεωργικών υπολειμμάτων	
			Άλλα	

Το Παράρτημα Β του Πρωτοκόλλου περιλαμβάνει τους στόχους που καλούνται να εκπληρώσουν οι συμβαλλόμενες χώρες του Παραρτήματος Ι, δηλαδή τη μείωση ή περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Σημειώνεται ότι τα 15 κράτη μέλη που αποτελούσαν την Ευρωπαϊκή Ένωση μέχρι τη διεύρυνσή της σε 25 από την πρώτη Μαΐου 2004 έχουν δεσμευτεί να μειώσουν το σύνολο των οικείων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% ως προς τα επίπεδα των εκπομπών του 1990 έως τα τέλη της πρώτης περιόδου δέσμευσης του Πρωτοκόλλου μεταξύ 2008-2012. Αυτός ο γενικός στόχος έχει μετατραπεί σε διαφορετικούς στόχους μείωσης ή περιορισμού των οικείων εκπομπών για κάθε κράτος μέλος βάσει συμφωνίας «κατανομής των βαρών». Επισημαίνεται ότι ο κοινοτικός στόχος δεν καλύπτει τα 10 νέα κράτη μέλη, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις ισχύει γι' αυτά ο στόχος μείωσης 6% ή 8% με βάση το Πρωτόκολλο, εξαιρουμένης της Κύπρου και της Μάλτας.



* Χώρες που διέρχονται μεταβατική περίοδο προς την οικονομία της αγοράς

Σχήμα 3.2: Στόχοι μείωσης ή περιορισμού των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου για τα κράτη που συμμετέχουν στο Πρωτόκολλο του Κιότο. [20]

3.2.3 Διαπραγματεύσεις για το Πρωτόκολλο του Κιότο

Οι διαπραγματεύσεις για το Πρωτόκολλο του Κιότο ήταν σκληρές, καθώς οι διάφορες χώρες είχαν διαφορετικά συμφέροντα στη διεθνή προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, περιοχές που είχαν χαρακτηριστικά ψυχρό κλίμα θα ωφελούνταν από την τάση ανόδου της μέσης θερμοκρασίας, ενώ άλλες περιοχές, οι οποίες ήταν σχετικά άnuδρες, ήταν δυνατόν να δουν την οριακά καλλιεργήσιμη γη τους να μετατρέπεται σε έρημο, γεγονός που θα είχε ως συνέπεια να μειωθεί η ικανότητά τους να παράγουν τρόφιμα.

Κατά συνέπεια, δημιουργήθηκαν πολλά αντίπαλα στρατόπεδα με αποκλίνουσες απόψεις που προσπαθούσαν να τις επιβάλλουν και στα υπόλοιπα συμβαλλόμενα μέρη, κάνοντας το όλο εγχείρημα να φαντάζει ως μία εξίσωση για δυνατούς λύτες. Συγκεκριμένα, τα βασικά στρατόπεδα που δημιουργήθηκαν είναι τα εξής:

- **Ευρωπαϊκή Ένωση:** αποτελείται από 25 μέλη, τα οποία συναντιούνται κατ' ιδίαν για να συμφωνήσουν σχετικά με τις κοινές θέσεις τους και αντιπροσωπεύεται από τη χώρα που έχει την προεδρία. Σημειώνεται ότι

η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η πιο ενεργή ομάδα όσον αφορά στις διαπραγματεύσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και πιέζει συνεχώς για τη λήψη αυστηρών μέτρων. Σημειώνεται ότι την περίοδο των διαπραγματεύσεων η Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελούνταν από 15 κράτη μέλη, με αυτά όμως συμμαχησαν και τα 10 νέα μέλη της διεύρυνσης.

- **«Λέσχη του Άνθρακα» (“Carbon Club”):** περιλαμβάνει τις χώρες «JUSCANZ» (από τα αρχικά των χωρών Ιαπωνία, ΗΠΑ, Καναδάς, Αυστραλία, Νέα Ζηλανδία στα Αγγλικά), τις χώρες μέλη του ΟΠΕΚ (Οργανισμός εξαγωγών πετρελαιοπαραγωγών Χωρών), τη Ρωσία και τη Νορβηγία, στις οποίες γενικά τα συμφέροντά τους θίγονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο (είτε επειδή θα πρέπει να μειώσουν την παραγωγή τους είτε επειδή προτείνεται η στροφή προς διαφορετικά καύσιμα) και κατά συνέπεια αντιτίθενται στην καθιέρωση των δικαιωμάτων και στη λήψη αυστηρών μέτρων.
- **Συμμαχία των Μικρών Νησιωτικών Κρατών (AOSIS):** είναι ένας συνασπισμός περίπου 43 μικρών νησιωτικών κρατών, τα οποία είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Τα κράτη αυτά κινδυνεύουν να εξαφανιστούν από το χάρτη εξαιτίας του μικρού τους υψομέτρου σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας και επομένως απειλείται άμεσα η ίδια τους η επιβίωση. Οι χώρες της ομάδας αυτής ήταν μάλιστα οι πρώτες που πρότειναν ένα σχέδιο κειμένου κατά τη διάρκεια των διαπραγματεύσεων του πρωτοκόλλου του Κιότο ζητώντας μία μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα της τάξης του 20% έως το 2005 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.
- **Λιγότερο αναπτυγμένες χώρες:** πρόκειται για 48 χώρες, οι οποίες συμμετείχαν όλο και πιο ενεργά στη διαδικασία των διαπραγματεύσεων για την αλλαγή του κλίματος, συχνά για να υπερασπιστούν τα ιδιαίτερα συμφέροντά τους και την εύθραυστη οικονομία τους, όπως για παράδειγμα την παροχή μέτρων για να μπορέσουν να προσαρμοστούν στην αλλαγή του κλίματος και να μην είναι τόσο ευάλωτες.
- **Ομάδα των 77 (G-77):** πρόκειται για εκείνες τις αναπτυσσόμενες χώρες που είναι αναδυόμενες, όπως η Ινδία και η Κίνα, που θεωρούν ότι βρίσκονται σε τροχιά ανάπτυξης και ότι είναι εις βάρος τους να δεσμευτούν να περιορίσουν τις εκπομπές τους. Η δε απαίτηση των βιομηχανικών χωρών (που είναι κυρίως υπεύθυνες για τις μεγαλύτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως) να αντιμετωπιστούν επί ίσοις όροις με τις αναπτυσσόμενες χώρες τους φαίνεται άδικη και παράλογη.

3.3 Αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αποφάσισε να εφαρμόσει πιλοτικά το εμπόριο εκπομπών εντός της κοινότητας το 2005, με τη δημιουργία του Ευρωπαϊκού Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (European Union Emissions Trading Scheme, ΣΕΔΕ) πριν από την επίσημη έναρξη του διεθνούς συστήματος το 2008 και να ενσωματώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο στην κοινοτική νομοθεσία μέσα από τις *Οδηγίες 2003/87/ΕΚ* και

2004/101/ΕΚ. Σύμφωνα με αυτές, η πρώτη περίοδος του ΣΕΔΕ είναι η τριετία 2005-2007, ενώ οι επόμενες περίοδοι εμπορίζονται με τις πενταετείς περιόδους που προβλέπονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο (2008-2012, 2013-2017, κ.ο.κ.). Τα κράτη μέλη οφείλουν μέσα σε συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα να εκπονήσουν εθνικά σχέδια κατανομής, στα οποία υπάρχει πρόβλεψη, μεταξύ άλλων, για:

- τη συνολική ποσότητα δικαιωμάτων εκπομπών,
- την κατανομή σε επίπεδο δραστηριότητας (κατά περίπτωση),
- την κατανομή σε επίπεδο εγκατάστασης,
- τους νεοεισερχόμενους,
- τη μεθοδολογία κατανομής (μαθηματικοί τύποι, διάφορες ειδικές διατάξεις, κτλ), και
- τη λίστα των υπόχρεων εγκαταστάσεων.

Αν και ο συνολικός στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η μείωση των εκπομπών κατά 8% μεταξύ 2008-2012 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 και κατά 20% μέχρι το 2020, ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων ανάμεσα στα κράτη μέλη παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις. Οι επιμέρους στόχοι παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.2: Καταμερισμός υποχρεώσεων μείωσης εκπομπής στο εσωτερικό της Ευρωπαϊκής Ένωσης. [21]

ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΕΕ			
Λουξεμβούργο	-28,0%	Γαλλία, Φινλανδία	0%
Γερμανία, Δανία	-21,0%	Σουηδία	+4%
Αυστρία	-13,0%	Ιρλανδία	+13%
Βρετανία	-12,5%	Ισπανία	+15%
Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8,0%	Ελλάδα	+25%
Βέλγιο	-7,5%	Πορτογαλία	+27%
Ιταλία	-6,5%		
Ουγγαρία, Πολωνία, Ολλανδία	-6,0%		

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, στις 12 Δεκεμβρίου 2008 (μαζί με το ευρωπαϊκό σχέδιο ανάκαμψης), και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, στις 17 Δεκεμβρίου 2008, ενέκριναν το πακέτο προτάσεων της Επιτροπής, αποκαλούμενο «ενέργεια-κλίμα» ή «σχέδιο 20-20-20», λόγω του ότι θέτει στόχους για την ενέργεια και το κλίμα στην ΕΕ για το έτος 2020: τη μείωση κατά 20% των αερίων θερμοκηπίου, τη βελτίωση κατά 20% της ενεργειακής αποδοτικότητας και την αύξηση κατά 20% της προσφοράς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το πακέτο υλοποιεί τη δέσμευση της ΕΕ να μειώσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας κατά τουλάχιστον 20% σχετικά με τα επίπεδα του 1990 έως το 2020 και, κατά 30% υπό την προϋπόθεση ότι θα υπάρξουν δεσμεύσεις για συγκρίσιμες μειώσεις των εκπομπών από άλλες ανεπτυγμένες χώρες και ότι οι πιο προηγμένες οικονομικά αναπτυσσόμενες χώρες θα συμβάλλουν ανάλογα με τις υποχρεώσεις και τις δυνατότητές τους.

Το πακέτο «Ενέργεια-Κλίμα» ενσωματώνει τις πολιτικές της ΕΕ για την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος, τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης, και την ενίσχυση της ασφάλειας του. Το νομοθετικό πακέτο περιλαμβάνει:

1. Βελτίωση του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας εκπομπών
2. Επιμερισμό της προσπάθειας μείωσης των αερίων θερμοκηπίου
3. Προώθηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές
4. Γεωλογική αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα
5. Περιορισμό εκπομπών CO₂ από επιβατικά αυτοκίνητα
6. Αυστηρότερες προδιαγραφές για τα καύσιμα.

1. Βελτίωση του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας εκπομπών

Η πρόταση αναθεώρησης της οδηγίας θέτει ως στόχο, για την περίοδο πέραν του 2012, να ενισχυθεί, να επεκταθεί και να βελτιωθεί η λειτουργία του ΣΕΔΕ, ώστε να αποτελέσει ένα από τα σημαντικότερα και οικονομικότερα μέσα επίτευξης του στόχου της ΕΕ για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

2. Επιμερισμός της προσπάθειας μείωσης των αερίων θερμοκηπίου

Μια νέα απόφαση ορίζει τη συμβολή των κρατών μελών στην τήρηση της δέσμευσης της Κοινότητας για μείωση, μεταξύ των ετών 2013 και 2020, των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από πηγές εκτός του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας εκπομπών (ΣΕΔΕ), δηλαδή πηγές που δεν καλύπτει η οδηγία 2003/87, ιδίως κτίρια, μεταφορές, γεωργία, απόβλητα και μικρές βιομηχανικές εγκαταστάσεις που δεν περιλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ. Αυτές οι πηγές ευθύνονται τώρα για περίπου 60% όλων των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Ο στόχος είναι η μείωση αυτών των εκπομπών κατά 10% μεταξύ των ετών 2013 και 2020 από τα επίπεδα του 2005, με συγκεκριμένους στόχους για κάθε κράτος μέλος. Μέρος αυτής της μείωσης θα καλυφθεί με κοινοτικά μέτρα, όπως αυστηρότερες προδιαγραφές για τα καύσιμα και τις εκπομπές των αυτοκινήτων και τα μέτρα για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, αλλά, κατά τα άλλα, τα κράτη μέλη θα είναι ελεύθερα να ορίσουν που να συγκεντρώσουν τις προσπάθειές των και ποια μέτρα θα χρησιμοποιήσουν για την επίτευξη του στόχου. Τα κράτη μέλη θα μπορούν επίσης να στραφούν προς έργα του μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης βάσει του άρθρου 12 του πρωτοκόλλου του Κιότο.

3. Προώθηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές

Θεσπίζονται υποχρεωτικοί στόχοι σύμφωνα με τους οποίους το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα ανέλθει τουλάχιστον στο 20% έως το 2020 και καθορίζει εθνικούς συνολικούς στόχους για κάθε κράτος μέλος. Η συνολική προσέγγιση προβλέπει ότι τα κράτη μέλη έχουν τη διακριτική ευχέρεια να συνδυάσουν τα μέτρα για την επίτευξη του εθνικού τους στόχου. Ωστόσο, κάθε κράτος μέλος πρέπει να επιτύχει τουλάχιστον μερίδιο 10% ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (πρωτίστως βιοκαύσιμα) στον τομέα των μεταφορών έως

το 2020. Αυτό γίνεται γιατί τα βιοκαύσιμα αποτελούν απάντηση στο πρόβλημα της εξάρτησης από το πετρέλαιο στον τομέα των μεταφορών και δύσκολα θα μπορούσαν να αναπτυχθούν χωρίς ειδική απαίτηση. Όμως, για πρώτη φορά παγκοσμίως, η οδηγία θεσπίζει κριτήρια για την εγγύηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, που διασφαλίζουν ότι τα βιοκαύσιμα δεν θα έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

4. Η γεωλογική αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα

Στο πλαίσιο της παγκόσμιας μείωσης των εκπομπών CO₂ κατά 50 % μέχρι το έτος 2050, απαιτείται να επιστρατευθούν όλες οι επιλογές μετριασμού, στις οποίες συγκαταλέγεται η δέσμευση και αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα (Carbon Capture and Storage, CCS). Η CCS περιλαμβάνει τη δέσμευση του CO₂ από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, τη μεταφορά του και τη μόνιμη αποθήκευσή του σε κατάλληλους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Σε κοινοτικό επίπεδο, ήδη εφαρμόζονται ορισμένα νομοθετικά μέσα για τη διαχείριση μερικών από τους περιβαλλοντικούς κινδύνους της CCS. Η οδηγία 96/61 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης για ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες είναι κατάλληλη για την κανονιστική ρύθμιση των κινδύνων της δέσμευσης CO₂ και αποθήκευσης σε γεωλογικούς σχηματισμούς από εγκαταστάσεις καλυπτόμενες από την εν λόγω οδηγία.

Η νέα οδηγία θεσπίζει νομικό πλαίσιο για την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς κατά τρόπο που να προλαμβάνει ή μειώνει, στο μέτρο του δυνατού, τις αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον και τυχόν προκύπτοντες κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου. Το CCS εφαρμόζεται στην αποθήκευση CO₂ σε γεωλογικούς σχηματισμούς στην επικράτεια των κρατών μελών, στις αποκλειστικές οικονομικές ζώνες τους και στην ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα τους.

5. Περιορισμός εκπομπών CO₂ από επιβατικά αυτοκίνητα

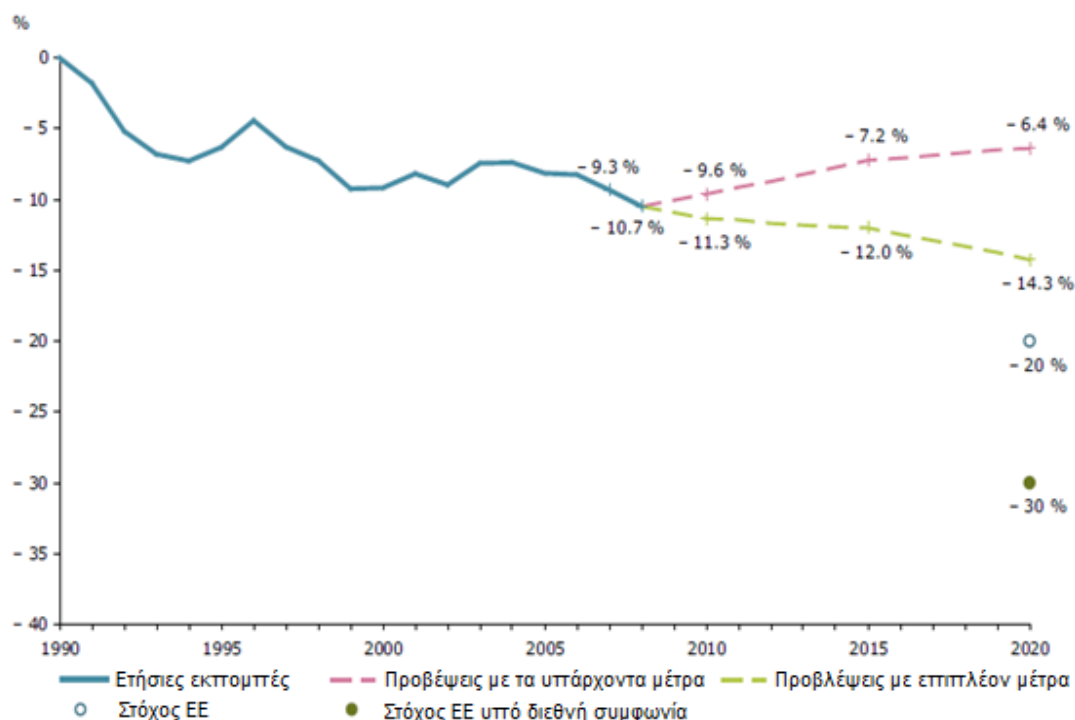
Στη χρήση επιβατικών αυτοκινήτων οφείλεται περίπου το 12% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ΕΕ, που αποτελεί το κυριότερο αέριο θερμοκηπίου. Οι βελτιώσεις στην τεχνολογία των κινητήρων οχημάτων, και ειδικότερα στην απόδοση των καυσίμων, βελτίωσαν την απόδοση των καυσίμων κατά 12,4% μεταξύ των ετών 1995 και 2004. Ωστόσο, οι βελτιώσεις της απόδοσης των καυσίμων εξουδετερώθηκαν κυρίως από την αύξηση της ζήτησης μεταφορών και του μεγέθους των οχημάτων και έτσι οι εκπομπές CO₂ λόγω των οδικών μεταφορών αυξήθηκαν κατά 26%.

Ο νέος κανονισμός επιδιώκει τον περιορισμό των μέσων εκπομπών CO₂ με την παροχή κινήτρων στην αυτοκινητοβιομηχανία να επενδύσει σε νέες τεχνολογίες και με την επιβολή προστίμων αν δεν το κάνει. Έτσι, ο κανονισμός προωθεί ενεργά την οικολογική καινοτομία και τις τεχνολογικές εξελίξεις και, επομένως τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της ευρωπαϊκής βιομηχανίας και τη δημιουργία περισσότερων θέσεων εργασίας υψηλής ποιότητας.

6. Αυστηρότερες προδιαγραφές για τα καύσιμα

Μία πτυχή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις μεταφορές έχει αντιμετωπιστεί με την κοινοτική πολιτική για το CO₂ και τα αυτοκίνητα. Η οδηγία 98/70 καθόρισε ελάχιστες προδιαγραφές για τη βενζίνη και το ντίζελ που χρησιμοποιούνται στα οδικά οχήματα και μη οδικά κινητά μηχανήματα. Με δεδομένα τη φιλοδοξία της ΕΕ να μειώσει περαιτέρω τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και το σημαντικό μερίδιο των εκπομπών από τις οδικές μεταφορές, η νέα οδηγία προβλέπει μηχανισμό με τον οποίο θα απαιτείται από τους προμηθευτές καυσίμων να υποβάλλουν δεδομένα σχετικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά τον κύκλο ζωής των καυσίμων που προμηθεύουν και να μειώνουν τις εκπομπές αυτές κατά καθορισμένο ετήσιο ποσοστό από το 2010 και μετά μέσω περιορισμού του διοξειδίου του άνθρακα από τα καύσιμα για τις μεταφορές.

Συνολικά, με τα ήδη υπάρχοντα μέτρα για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, όπως είναι το εμπόριο εκπομπών προβλέπεται αύξηση αυτών μετά το 2008 σε επίπεδο μικρότερο κατά 6,4% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Με την εφαρμογή επιπλέον μέτρων σύμφωνα με το πακέτο «Ενέργεια-Κλίμα» το παραπάνω ποσοστό θα μπορούσε να ανέλθει στο 14,3% για το έτος 2020, δηλαδή 5,7% λιγότερο από το στόχο του 20%.



Σχήμα 3.3: Εξέλιξη των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2008 και πρόβλεψη για το 2020 με και χωρίς την εφαρμογή πρόσθετων μέτρων. [22]

3.4 Ο ρόλος των διεθνών οργανισμών των αερομεταφορών

Σημαντικός θεωρείται και ο ρόλος των διεθνών οργανισμών της πολιτικής αεροπορίας στην προσπάθεια περιορισμού των επιπτώσεων των εκπομπών από τις αερομεταφορές στο περιβάλλον.

Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO)

Ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας (*International Civil Aviation Organization, ICAO*) είναι ο οργανισμός που ρυθμίζει τις διεθνείς αερομεταφορές. Είναι τμήμα του ΟΗΕ και ιδρύθηκε το 1947 σύμφωνα με τη Σύμβαση του Σικάγου του 1944 κατά τη συνδιάσκεψη για τη διεθνή πολιτική αεροπορία. Μέλη του είναι 190 χώρες και η έδρα του βρίσκεται στο Μόντρεαλ του Καναδά. Τα σημαντικότερα καθήκοντα του ICAO είναι τα εξής:

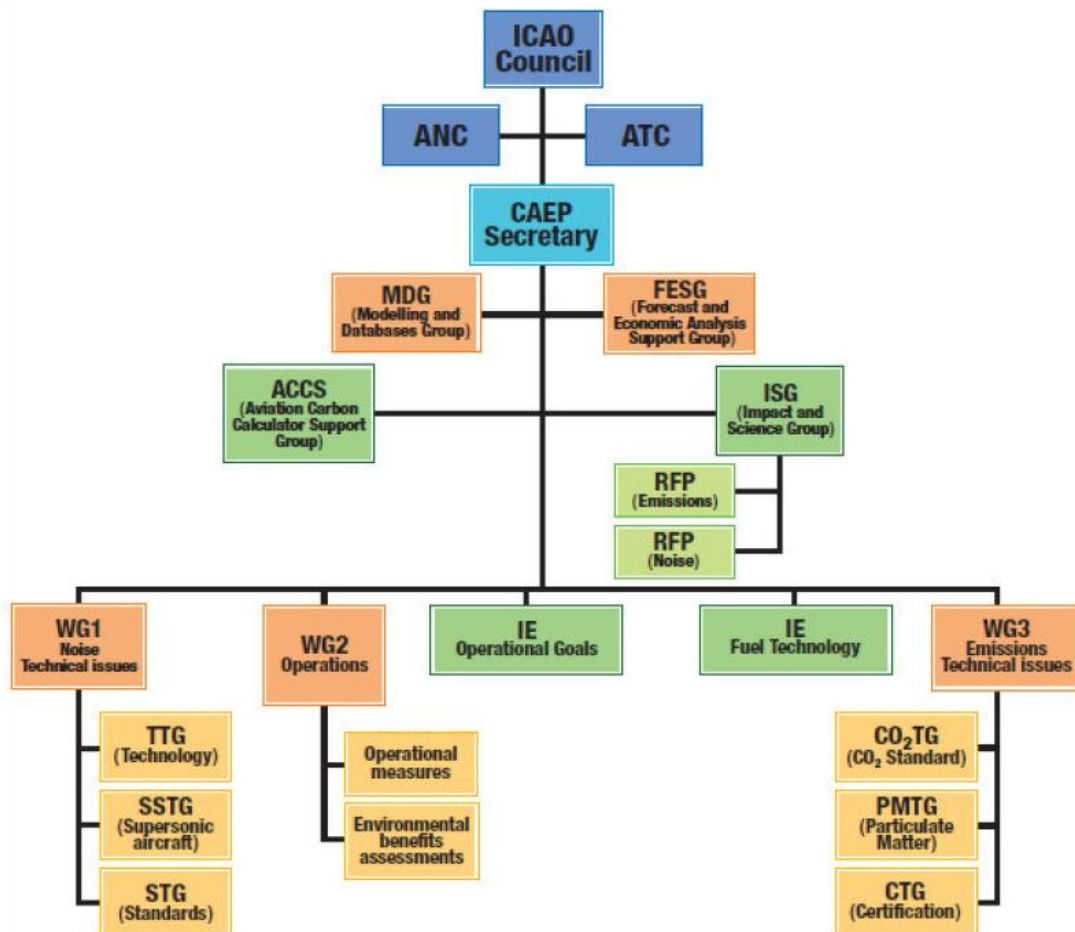
- Προτυποποίηση και ασφάλεια της αεροπλοΐας
- Ρύθμιση του σχετικού διεθνούς αεροπορικού δικαίου, λόγω τεχνολογικής εξέλιξης ή άλλους λόγους (π.χ. αεροπειρατεία),
- Ανάπτυξη των αναγκαίων υποδομών, με κοινά προγράμματα υποστήριξης των μελών για τη χρηματοδότησή τους, καθώς και προγραμμάτων τεχνικής βοήθειας,
- Η διανομή και διαχείριση των γνωστών κωδικών (κωδικών ICAO) για τα αεροδρόμια, τα αεροσκάφη και τις αεροπορικές εταιρίες σε παγκόσμιο επίπεδο,
- Προτυποποίηση των ταξιδιωτικών εγγράφων, σε παγκόσμιο ενιαίο τύπο,
- Ορισμός των ανεκτών επιπέδων θορύβου των αεροσκαφών κ.ά.

Επίσης, σύμφωνα με τη Σύμβαση του Σικάγου, το Συμβούλιο του Οργανισμού μπορεί επίσης να λειτουργήσει και ως όργανο συνδιαλλαγής ή ως δικαστικό όργανο για επίλυση διαφορών που μπορεί να ενσκήψουν μεταξύ των μελών. Ο ICAO αποτελείται από τους εξής φορείς:

- Τη Γενική Συνέλευση, στην οποία συμμετέχουν αντιπρόσωποι από όλες τις χώρες μέλη
- Το Συμβούλιο, το οποίο εκλέγεται από τη γενική συνέλευση με τριετή θητεία, αποτελείται από 36 χώρες-μέλη και δίνει τις κατευθυντήριες γραμμές στο έργο του οργανισμού και
- Τη Γραμματεία, επικεφαλής της οποίας είναι ο Γενικός Γραμματέας. Σε αυτήν συμμετέχουν επαγγελματίες από όσο το δυνατόν ευρύτερη γεωγραφική βάση.

Οι δραστηριότητες του ICAO στον τομέα του περιβάλλοντος στρέφονται κυρίως σε εκείνα τα προβλήματα που ωφελούνται περισσότερο από μια κοινή συντονισμένη προσέγγιση, σε παγκόσμια βάση, δηλαδή στο θόρυβο αεροσκαφών και στις επιπτώσεις από τις εκπομπές των κινητήρων αεροσκαφών. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της εργασίας αναλαμβάνεται μέσω της Επιτροπής Προστασίας του Περιβάλλοντος Αεροπορίας (Committee on Aviation Environmental Protection, CAEP) του ICAO, η οποία δημιουργήθηκε από τον οργανισμό το 1983 αντικαθιστώντας την επιτροπή για τον θόρυβο των

αεροσκαφών (Committee on Aircraft Noise, CAN) και την επιτροπή για τις εκπομπές των αεροσκαφών (Committee on Aircraft Engine Emissions, CAEE). Σκοπός της είναι να θεσπίζει νέους κανόνες και να υιοθετεί νέα πρότυπα σχετικά με τον θόρυβο και τις εκπομπές που προκαλούνται από τα αεροσκάφη. Αποτελείται από τρεις ομάδες εργασίας (Working Groups) και από τέσσερις διευθύνουσες ομάδες (Support Groups). Οι ομάδες εργασίας ασχολούνται με τα τεχνικά θέματα που αφορούν το θόρυβο των αεροσκαφών (Working Group 1, WG1), τις εκπομπές των κινητήρων τους (Working Group 3, WG3) και τις λειτουργίες αεροσκαφών και αεροδρομίων που σχετίζονται με τα παραπάνω (Working Group 2, WG2). Οι διευθύνουσες ομάδες ασχολούνται με προβλέψεις και οικονομικές αναλύσεις (Forecasting and Economic Analysis Support Group, FESG), τον υπολογισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα από τις αερομεταφορές (Aviation Carbon Calculator Support Group, ACCS), την επιστημονική κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αερομεταφορών (Impacts and Science Group, ISG) και τη συνεχή ενημέρωση των βάσεων δεδομένων καθώς και τη δημιουργία μοντέλων που χρησιμοποιούνται από τις υπόλοιπες ομάδες (Modelling and Databases Group, MDG).



Σχήμα 3.4: Δομή του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO). [23]

Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αεροπορίας (FAA)

Η Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αεροπορίας-ΟΔΑ (Federal Aviation Administration, FAA) είναι η εθνική υπηρεσία πολιτικής αεροπορίας των ΗΠΑ, αντίστοιχη με την ελληνική Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ). Στη δικαιοδοσία της περιλαμβάνεται η ρύθμιση και η εποπτεία παντός θέματος της πολιτικής αεροπορίας εντός του εθνικού εναέριου χώρου, εκδίδοντας αεροπορικούς κανονισμούς και προβαίνοντας σε ελέγχους. Δημιουργήθηκε με τον ομοσπονδιακό αεροπορικό νόμο του 1958, ως Ομοσπονδιακός Οργανισμός Αεροπορικών Υπηρεσιών, τη δε σύγχρονη ονομασία του υιοθέτησε το 1967 όταν τέθηκε υπό την εποπτεία του Υπουργείου Μεταφορών των ΗΠΑ.

Σημαντικότερες δραστηριότητες της ΟΔΑ είναι η έκδοση αεροπορικών κανονισμών ασφαλείας, έκδοση προτύπων ελέγχου πτήσεων, ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, θέματα που αφορούν την πολιτική αεροναυπηγική με ενθάρρυνση έρευνας και εφαρμογών νέων τεχνολογιών, χορήγηση ή ανάκληση πιστοποιητικών πιλότων, ανάπτυξη προγραμμάτων αντιμετώπισης περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκ της κίνησης των αεροσκαφών, επιθεωρήσεις και κατατάξεις αεροδρομίων, ελικοδρομίων, παντός τύπου αεροσκαφών, ελέγχους αεροπορικών εταιριών, έκδοση εγχειριδίων κανονισμών ασφαλείας, τεχνικών οδηγιών κ.ά. καθώς και επιβραβεύσεις πιλότων, μηχανικών και αεροναυπηγών.

Διεθνής Ένωση Αερομεταφορών (IATA)

Η Διεθνής Ένωση Αερομεταφορών (International Air Transport Association, IATA) είναι ένας διεθνής οργανισμός αερομεταφορέων, με έδρα το Μόντρεαλ του Κεμπέκ, στον Καναδά. Σαν στόχο έχει την προώθηση μίας ασφαλούς, προγραμματισμένης και φθηνής αεροπορικής μεταφοράς προς όφελος όλων των λαών του κόσμου, ώστε να συμβάλει στο αεροπορικό εμπόριο και να κατανοήσει και να επιλύσει τα τυχόν προβλήματα που προκαλούνται στο πεδίο αυτό. Επιπλέον, στοχεύει στο να προσδώσει όλα τα μέσα που θα συμβάλλουν στην σωστή συνεργασία αερομεταφορέων που σχετίζονται, άμεσα ή έμμεσα, με τις διεθνείς αερομεταφορές καθώς και να συνεργάζεται με τον Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO).

Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Εναέριας Κυκλοφορίας EUROCONTROL

Η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Εναέριας Κυκλοφορίας (European Organisation for the Safety of Air Navigation, EUROCONTROL) είναι μια διακυβερνητική οργάνωση αποτελούμενη από 39 κράτη μέλη και την Ευρωπαϊκή Κοινότητα με έδρα τις Βρυξέλλες. Ο EUROCONTROL σχεδιάζει και συντονίζει την εναέρια κυκλοφορία πάνω από την Ευρώπη. Αυτό περιλαμβάνει τη συνεργασία με τις εθνικές αρχές των κρατών μελών, τους χρήστες πολιτικών και στρατιωτικών αεροσκαφών, τα αεροδρόμια και άλλους οργανισμούς. Οι δραστηριότητες του αφορούν το συντονισμό των σχεδίων πτήσεων και της αεροπορικής κίνησης, τη συλλογή των αεροπορικών τελών, τον έλεγχο του εναέριου χώρου, την εισαγωγή τεχνολογιών σχετικών με την ασφάλεια των πτήσεων και με τη

βελτιστοποίηση της διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας (Air Traffic Management, ATM) με σκοπό τη μείωση των επιπτώσεων των αερομεταφορών στο περιβάλλον.

Από τον Απρίλιο του 2001, ο EUROCONTROL υιοθέτησε την Πολιτική και Στρατηγική για το Περιβάλλον με στόχο τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας για τον περιορισμό των εκπομπών των αεροσκαφών. Επιπλέον, με το πρόγραμμα PAGODA του EUROCONTROL, γίνεται ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στον ευρωπαϊκό εναέριο χώρο με βάση στοιχεία μεταφορικής κίνησης και από μια βάση δεδομένων υπολογισμού της κατανάλωσης καυσίμου και των ρύπων.

Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (Υ.Π.Α.)

Η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας είναι ο ελληνικός κρατικός φορέας διαχείρισης των αεροπορικών μεταφορών και υπάγεται στο Υπουργείο Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων. Κύριο έργο της Υ.Π.Α. είναι η οργάνωση, διοίκηση, λειτουργία και ανάπτυξη των αερομεταφορών, υλοποιώντας τις παρακάτω αρμοδιότητες που τις δίνει ο νόμος:

- η τήρηση και εφαρμογή των νόμων και κανονισμών που διέπουν τις αερομεταφορές.
- η επιστημονική και εμπειριστατωμένη μελέτη για την ίδρυση - κατασκευή των αερολιμένων.
- η ασφαλή, ομαλή και ταχεία εξυπηρέτηση - διακίνηση αεροσκαφών, επιβατών και φορτίου.
- η εύρυθμη λειτουργία των αερολιμένων.
- ο έλεγχος υπηρεσιών, εταιριών, εργαζομένων και εμπλεκομένων φορέων σε ένα αερολιμένα, που εμπλέκονται στο κύκλωμα των αερομεταφορών.
- η σύναψη διμερών ή πολυμερών συμβάσεων με άλλα κράτη.
- η παροχή αδειών για υπερπτήσεις του Ελληνικού εναέριου χώρου (over flights), χρήση του F.I.R, για πτήσεις τεχνικής προσγείωσης και γενικά για κάθε είδους πτήση.

Το τμήμα Προστασίας Περιβάλλοντος (ΠΡΟ.ΠΕ.) της Υ.Π.Α είναι υπεύθυνο για:

- τον προγραμματισμό, έκδοση κανονισμών, οργάνωση, διαχείριση και συντονισμός ενεργειών και μέτρων για πρόληψη και αντιμετώπιση περιβαλλοντικών θεμάτων από έργα και δραστηριότητες πολιτικής αεροπορίας (Γραφείο Διαχείρισης Περιβαλλοντικών Θεμάτων).
- τη διαχείριση, έκδοση κανονισμών, παρακολούθηση, έλεγχο και εφαρμογή μέτρων αντιμετώπισης θεμάτων αεροπορικού θορύβου και θορύβου αεροδρομίων και έκδοση σχετικών πιστοποιητικών (Γραφείο Διαχείρισης Θορύβου).
- τη διαχείριση, έκδοση κανονισμών, παρακολούθηση, έλεγχο και εφαρμογή μέτρων αντιμετώπισης θεμάτων ποιότητας αέρα και ακτινοβολίας από έργα και δραστηριότητες πολιτικής αεροπορίας και

έκδοση σχετικών πιστοποιητικών (Γραφείο Διαχείρισης Ποιότητας Αέρα).

- το χειρισμό, συντονισμό και συνεργασία με τους εμπλεκόμενους φορείς και για την προώθηση προτύπων και διαδικασιών εφαρμογής, ελέγχου, απογραφής, επαλήθευσης και πλήρους διαχείρισης της ενσωμάτωσης των αερομεταφορών στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Ρύπων του Θερμοκηπίου, σύμφωνα με την Οδηγία 2008/101/ΕΚ και την ισχύουσα νομοθεσία (Γραφείο Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών Αερομεταφορών, ΓΕΔΕΑ).
- την εποπτεία των περιβαλλοντικών θεμάτων του Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών (ΔΑΑ), τον έλεγχο για την τήρηση και εφαρμογή της ισχύουσας νομοθεσίας που αναφέρεται στις αρμοδιότητες της Υ.Π.Α., καθώς και στην λήψη μέτρων για την εφαρμογή αυτής (Γραφείο Εποπτείας Περιβαλλοντικών Θεμάτων ΔΑΑ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ
ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**

Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ) αερίων του θερμοκηπίου (European Union Emissions Trading Scheme, EU ETS), το οποίο αποτελεί το μεγαλύτερο πολυεθνικό σύστημα εμπορίας εκπομπών σε ολόκληρο τον κόσμο, ξεκίνησε να εφαρμόζεται τον Ιανουάριο του 2005 ως μέρος της ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής πολιτικής. Η θέσπιση του ΣΕΔΕ έγινε με βάση τις οδηγίες 2003/87/ΕΚ και 2004/101/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου. Σήμερα, καλύπτει πάνω από 11.000 εγκαταστάσεις του ενεργειακού και βιομηχανικού τομέα, στα 27 κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς επίσης στην Ισλανδία, στο Λιχτενστάιν και στη Νορβηγία, τα οποία είναι υπεύθυνα σχεδόν για το 50% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και για το 40% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη.

Το ΣΕΔΕ αποτελεί ένα σύστημα ανωτάτου ορίου και εμπορίου (cap and trade), το οποίο αποτελεί τμήμα της στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην κατεύθυνση της εκπλήρωσης των δεσμεύσεων της για μείωση των εκπομπών κατά 8% την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο. Σύμφωνα με σύστημα αυτό, τα κράτη-μέλη καθορίζουν όρια εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για τις εγκαταστάσεις που ρυπαίνουν το περιβάλλον και εκδίδουν «δικαιώματα εκπομπών» (European Union Allowance Units, EUAs) για τις ποσότητες CO₂ που επιτρέπεται να εκπέμπουν. Ένα δικαίωμα εκπομπής ισούται με ένα τόνο ισοδύναμου CO₂ όπου το ισοδύναμο CO₂ (CO₂e) είναι ένας μετρικός τόνος διοξειδίου του άνθρακα, ή ποσότητα οποιουδήποτε άλλου αερίου θερμοκηπίου με ισοδύναμο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη.

Οι εγκαταστάσεις που επιτυγχάνουν να μειώσουν τις εκπομπές τους πέρα από τα καθοριζόμενα όρια, στη διάρκεια ενός έτους, μπορούν να πωλούν τα δικαιώματα που εξοικονόμησαν στις εγκαταστάσεις που αδυνατούν να τηρήσουν τα όρια εκπομπής ή σε αυτές που το κόστος για τις επεμβάσεις μείωσης εκπομπών είναι μεγαλύτερο αυτού της αγοράς δικαιωμάτων. Με τον τρόπο αυτό «ανταμείβονται» οι φιλικές προς το περιβάλλον βιομηχανικές μονάδες αφού κερδίζουν από την πώληση των δικαιωμάτων και «τιμωρούνται» οι ζημιογόνες για το περιβάλλον εγκαταστάσεις διότι επιβαρύνονται οικονομικά.

Οι εγκαταστάσεις πρέπει να παρακολουθούν και να υποβάλουν ετήσιες εκθέσεις για τις εκπομπές τους σε CO₂, ενώ υποχρεούνται κάθε χρόνο να επιστρέφουν αριθμό δικαιωμάτων στο κράτος που ανήκουν ίσο με τις συνολικές εκπομπές των εγκαταστάσεών τους κατά τη διάρκεια του έτους αυτού. Στο τέλος κάθε χρόνου, κάθε εγκατάσταση που συμμετέχει στο μηχανισμό πρέπει να υποβάλλει στις αρμόδιες αρχές, για ακύρωση, τόσα ακριβώς δικαιώματα εκπομπών όσες ήταν συνολικά και οι πραγματικές της εκπομπές σε αέρια θερμοκηπίου. Εάν τα μοναδιαία δικαιώματα που κατέχει είναι λιγότερα σε σχέση με τις εκπομπές της εγκατάστασης, τότε πληρώνει

πρόστιμο στις αρχές, ανάλογο με τη συνολική ποσότητα των επιπλέον εκπομπών της που δεν καλύπτονται από μοναδιαία δικαιώματα.

Προκειμένου να ισοσταθμισθούν οι ετήσιες διακυμάνσεις στα επίπεδα εκπομπών CO₂ που προκαλούνται από ακραία καιρικά φαινόμενα (όπως βαρείς χειμώνες ή πολύ ζεστά καλοκαίρια), τα δικαιώματα εκπομπών για κάθε φορέα εκμετάλλευσης μία εγκατάστασης που υπάγεται στο ΣΕΔΕ, διατίθενται άπαξ για ορισμένο διάστημα ετών. Κάθε τέτοιο διάστημα ονομάζεται Περίοδος Εμπορίας. Η 1^η Περίοδος Εμπορίας στο πλαίσιο του ΣΕΔΕ έληξε το Δεκέμβριο του 2007 και κάλυψε όλες τις εκπομπές του ΣΕΔΕ από τον Ιανουάριο του 2005. Με την λήξη της, τα δικαιώματα της ΕΕ που συναλλάχθηκαν κατά την 1^η φάση επιστράφηκαν και ως εκ τούτου ακυρώθηκαν καθώς η περίοδος αυτή ήταν δοκιμαστική. Από τον Ιανουάριο του 2008, η 2^η Περίοδος Εμπορίας είναι υπό εξέλιξη, και θα διαρκέσει έως το Δεκέμβριο του 2012. Επί του παρόντος, οι εγκαταστάσεις λαμβάνουν τα δικαιώματα δωρεάν από τις κυβερνήσεις των κρατών-μελών της ΕΕ.

Η εμπορία εκπομπών αποτελεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες το κύριο εργαλείο περιβαλλοντικής πολιτικής. Το κύριο πλεονέκτημα της είναι ότι επιτρέπει να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι με τρόπο οικονομικά αποτελεσματικό διότι το οικονομικό κόστος είναι μικρότερο από ότι θα ήταν αν δεν υπήρχε η δυνατότητα της συναλλαγής. Οι επιχειρήσεις που ήδη είναι σε θέση να εφαρμόσουν τεχνολογίες για την μείωση των εκπομπών τους με μικρό μοναδιαίο κόστος θα επωφεληθούν άμεσα από την πώληση δικαιωμάτων εκπομπών. Οι επιχειρήσεις που χρειάζεται να δαπανήσουν σημαντικά κεφάλαια για την μείωση των εκπομπών τους θα προτιμήσουν, στην αρχή τουλάχιστον και όσο το κόστος ανά τόνο ισοδυνάμου CO₂ παραμένει μικρό, να αγοράζουν πρόσθετα δικαιώματα εκπομπών.

4.1 Η οδηγία 2003/87/ΕΚ

Η ιστορία του ΣΕΔΕ ξεκίνησε το 1992 με τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC) που είχε στόχο την σταθεροποίηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου σε ασφαλή επίπεδα. Οι διαπραγματεύσεις που ακολούθησαν, οδήγησαν στην υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Κιότο το 1997 το οποίο δέσμευε τις βιομηχανικές χώρες σε μείωση των εκπομπών τους κατά 5,2% την περίοδο 2008-2012, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Με την επικύρωση του πρωτοκόλλου από την Ευρωπαϊκή Ένωση (EU-15), τον Καναδά, την Ιαπωνία, τη Νέα Ζηλανδία και τη Ρωσία, αυτό τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο δέσμευε τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μειώσεις των εκπομπών τους κατά 8% συνολικά σε σχέση με το 1990. Παρόλο που επιτεύχθηκαν σημαντικές μειώσεις από τη Γερμανία και τη Μεγάλη Βρετανία (λόγω της στροφής από τον άνθρακα στο φυσικό αέριο), δεν ίσχυε το ίδιο και για τα υπόλοιπα κράτη-μέλη αφού ήδη από το 2000 πολλά από αυτά δεν μπορούσαν να μειώσουν και να σταθεροποιήσουν τις εκπομπές τους. Έτσι, δημιουργήθηκε το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ως μέρος της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων. Στις 9 Δεκεμβρίου 2002, στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο των Υπουργών Περιβάλλοντος έγινε η πρώτη ανάγνωση της πρόχειρης Κοινοτικής Οδηγίας για το εμπόριο

εκπομπών CO₂, ενώ μετά τη δεύτερη ανάγνωση, υιοθετήθηκε επίσημα η Οδηγία 2003/87/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 13ης Οκτωβρίου 2003, σχετικά με τη θέσπιση Συστήματος για την Εμπορία των Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα.

Η οδηγία περιλαμβάνει τις εκπομπές εγκαταστάσεων που υπάγονται στις εξής κατηγορίες δραστηριοτήτων:

- Ενεργειακές δραστηριότητες
- Παραγωγή και επεξεργασία σιδηρούχων μετάλλων
- Βιομηχανία ανόργανων υλών
- Παραγωγή πολτού από ξυλεία, χαρτιού και χαρτονιού

Και αφορά στα αέρια του θερμοκηπίου:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- Μεθάνιο (CH₄)
- Υποξείδιο του αζώτου (N₂O)
- Υδροφθοράνθρακες (HFCs)
- Υπερφθοράνθρακες (PFCs)
- Εξαφθοριούχο θείο (SF₆)

Σύμφωνα με την οδηγία, δύο είναι οι κεντρικές έννοιες της εμπορίας δικαιωμάτων: η άδεια εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου που πρέπει να κατέχει κάθε εγκατάσταση που συμμετέχει στο μηχανισμό και τα δικαιώματα εκπομπών.

Τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης υποχρεούνται να υποβάλουν εθνικά σχέδια για τη συνολική ποσότητα δικαιωμάτων που σκοπεύουν να κατανείμουν στις εγκαταστάσεις τους για τις περιόδους 2005-2007 και 2008-2012, που ονομάζονται Εθνικά Σχέδια Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών ΕΣΚΔΕ (National Allocation Plans- NAPs) και καταρτίζονται με βάση διαφανή κριτήρια. Βασικός στόχος κατά την διαμόρφωση ενός ΕΣΚΔΕ είναι η θέσπιση ενός ορίου για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις εγκαταστάσεις που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της οδηγίας. Παράλληλος στόχος είναι η εξασφάλιση μιας δίκαιης κατανομής της προσπάθειας περιορισμού των εκπομπών των κλάδων και των εμπλεκόμενων δραστηριοτήτων. Τα κύρια σημεία της οδηγίας 2003/87/ΕΚ αναφέρονται παρακάτω:

- Για την διαμόρφωση των ΕΣΚΔΕ καθορίζονται δυο περίοδοι με πρώτη την περίοδο 2005 έως 2007 και δεύτερη την περίοδο 2008 έως 2012. Η πρώτη αναφέρεται στις εκπομπές του CO₂, ενώ η δεύτερη στις εκπομπές από τα έξι αέρια του θερμοκηπίου.
- Σύμφωνα με την Οδηγία, κάθε κράτος μέλος της ΕΕ όφειλε να καταθέσει στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το ΕΣΚΔΕ πριν από τις 31/3/2004. Σε κάθε ΕΣΚΔΕ προσδιορίζεται ο συνολικός αριθμός δικαιωμάτων εκπομπών κάθε κράτους μέλους της ΕΕ, καθώς και η κατανομή των δικαιωμάτων τόσο μεταξύ των ομάδων δραστηριοτήτων που υπόκεινται στην οδηγία όσο και

μεταξύ των εγκαταστάσεων κάθε ομάδας δραστηριοτήτων. Η κατανομή ανά φορέα θα έπρεπε να είχε ολοκληρωθεί έως τις 30/9/2004.

- Ο κάθε φορέας για να λειτουργήσει από την 1/1/2005 πρέπει να έχει λάβει την απαιτούμενη άδεια δικαιωμάτων εκπομπών.
- Το τελικό ΕΣΚΔΕ της πρώτης περιόδου, έπρεπε να είναι έτοιμο πριν από το τέλος του 2004. Για τις μετέπειτα περιόδους, το σχέδιο κοινοποιείται τουλάχιστον 3 μήνες πριν από την έναρξη της σχετικής περιόδου. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ελέγχει το ΕΣΚΔΕ κάθε κράτους μέλους και είτε δέχεται είτε το απορρίπτει συνολικώς ή μερικώς.
- Σύμφωνα με την Οδηγία 2003/87 η πλειονότητα των δικαιωμάτων δίνεται δωρεάν. Υπάρχει η δυνατότητα πλειστηριασμού έως 5% των δικαιωμάτων για την περίοδο 2005-2007, ενώ για τη δεύτερη περίοδο δίδεται η δυνατότητα πλειστηριασμού έως 10%.
- Η οδηγία καθορίζει κατευθυντήριες γραμμές για την παρακολούθηση και την υποβολή εκθέσεων περί των εκπομπών, καθώς και τον κεντρικό διαχειριστή για την τήρηση ανεξάρτητου συστήματος καταγραφής συναλλαγών. Τα κράτη-μέλη διασφαλίζουν την εγκυρότητα των εκθέσεων που υποβάλλουν οι εγκαταστάσεις και υποχρεώνουν τις εγκαταστάσεις που δε συμμορφώνονται με τους κανονισμούς στην καταβολή προστίμου, ενώ υποβάλλουν στην Επιτροπή έκθεση σχετικά με την εφαρμογή της παρούσας οδηγίας κάθε χρόνο.
- Τα κράτη μέλη διασφαλίζουν ότι κάθε φορέας εκμετάλλευσης που δεν παραδίδει έως τις 30 Απριλίου κάθε έτους επαρκή δικαιώματα για την κάλυψη των εκπομπών κατά τη διάρκεια του προηγούμενου έτους, υπόκειται στην καταβολή προστίμου για υπέρβαση εκπομπών (40 €/tCO₂ για την 1^η περίοδο και 100 €/tCO₂). Η καταβολή του προστίμου δεν απαλλάσσει τον φορέα από την υποχρέωση να παραδώσει, κατά την επιστροφή δικαιωμάτων για το επόμενο ημερολογιακό έτος, δικαιώματα για ποσότητες εκπομπών ίσες με τις καθ' υπέρβαση εκπομπές.

4.1.1 Σύνδεση του Σ.Ε.Δ.Ε. με τους ευέλικτους μηχανισμούς του Πρωτοκόλλου του Κιότο

Η Κοινή Εφαρμογή (JI) και ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (CDM), μαζί με το εμπόριο εκπομπών, είναι καινοτόμα μέσα που προβλέπονται στο Πρωτόκολλο του Κιότο. Αυτοί οι λεγόμενοι "ευέλικτοι μηχανισμοί" καθιστούν δυνατή την επίτευξη, από πλευράς συμβαλλομένων Μερών, ενός μέρους των στόχων τους, βάσει του πρωτοκόλλου, επωφελούμενα των ευκαιριών να μειώσουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε άλλες χώρες με μικρότερο κόστος από εκείνο στο εσωτερικό της χώρας. Η λογική είναι ότι, από παγκόσμια περιβαλλοντική άποψη, ο τρόπος όπου λαμβάνει χώρα η μείωση των εκπομπών έχει δευτερεύουσα σημασία, εφόσον επιτυγχάνονται γνήσιες μειώσεις εκπομπών. Οι κανόνες, οι λεπτομέρειες εφαρμογής και οι

κατευθυντήριες γραμμές για την εφαρμογή των μηχανισμών του Πρωτοκόλλου του Κιότο συμφωνήθηκαν στην 7η Διάσκεψη των Μερών της UNFCCC (COP7, Νοέμβριος 2001).

Τα έργα JI αναλαμβάνονται σε ανεπτυγμένες χώρες ή σε χώρες με μεταβατική οικονομία (Μέρη του παραρτήματος Ι της UNFCCC). Συνεπάγονται συμμετοχή τουλάχιστον δύο χωρών οι οποίες έχουν αποδεχθεί στόχο εκπομπής, δηλαδή να περιοριστούν οι εκπομπές τους. Οι μειώσεις εκπομπών από έργα JI ονομάζονται μονάδες μείωσης των εκπομπών (Emission Reduction Units, ERUs) και εκχωρούνται από τη χώρα στην οποία εκτελείται το έργο ("χώρα υποδοχής"). Η υλοποίηση ενός έργου JI καταλήγει σε μεταφορά ERU από μια χώρα σε άλλη, αλλά οι συνολικές επιτρεπόμενες εκπομπές στις χώρες παραμένουν οι ίδιες ("διαδικασία συμψηφισμού"). Η χώρα υποδοχής ωφελείται διότι ελαχιστοποιεί το μερίδιο της καταλογισμένης της ποσότητας που έχει να μεταφέρει, ενώ η χώρα επένδυσης ωφελείται διότι μεγιστοποιεί τον αριθμό καταλογισμένων ποσοτικών μονάδων που αποκτά. Η JI αποτελεί ένα καλό μέσο για τη μεταφορά προηγμένων περιβαλλοντικώς ορθών τεχνολογιών, ιδιαίτερα στη Ρωσία, όπου υπάρχει μεγάλη δυνατότητα για επενδύσεις JI στον ενεργειακό τομέα. Έργα JI μπορούν επίσης να υλοποιηθούν μεταξύ δύο κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Στην περίπτωση αυτή, το αποτέλεσμα για το περιβάλλον όσον αφορά τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου είναι πάλι διαδικασία συμψηφισμού μέσα στην Κοινότητα.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο προβλέπει την υλοποίηση έργων CDM σε αναπτυσσόμενες χώρες (Μέρη που δεν περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι της UNFCCC, χωρίς ποσοτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών). Τα Μέρη του παραρτήματος Ι μπορούν να χρησιμοποιούν πιστωτικά μόρια CDM για να αντισταθμίσουν τυχόν αύξηση των εγχώριων εκπομπών τους κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ανάληψης υποχρεώσεων. Ως εκ τούτου, απαιτείται επιπρόσθετο επίπεδο διασφάλισης όσον αφορά την εγκυρότητα και την ποσότητα πιστωτικών μορίων εκπομπής, τα οποία προκύπτουν από δραστηριότητες CDM. Την εφαρμογή του CDM εποπτεύει ένα όργανο της UNFCCC, το Διοικητικό Συμβούλιο του CDM, το οποίο είναι αρμόδιο για τη χορήγηση πιστωτικών μορίων CDM, που ονομάζονται πιστοποιημένες μειώσεις εκπομπών (Certified Emission Reductions, CERs). Ο CDM αναμένεται να αποτελέσει άριστο μέσο για τη μεταφορά προηγμένων περιβαλλοντικώς ορθών τεχνολογιών στις αναπτυσσόμενες χώρες, συνδράμοντάς τες ταυτοχρόνως να επιτύχουν τους στόχους τους για αειφόρο ανάπτυξη.

Βασιζόμενη στις προαναφερόμενες ρυθμίσεις και στο σύστημα εμπορίας εκπομπών της ΕΕ, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε στις 16 Ιουλίου 2003 πρόταση, σύμφωνα με την οποία οι πιστώσεις από την υλοποίηση έργων JI και CDM συνδέονται με το σύστημα εμπορίας των εκπομπών. Βάσει της πρότασης αυτής, θα επιτρέπεται στις ευρωπαϊκές εταιρείες που καλύπτονται από το σύστημα εμπορίας εκπομπών της ΕΕ, να μετατρέπουν τα πιστωτικά μόρια CERs και ERUs σε EUAs, ώστε να τα χρησιμοποιούν για την τήρηση των δεσμεύσεών τους σύμφωνα με το σύστημα εμπορίας. Η πρόταση αυτή επικυρώθηκε στις 27 Οκτωβρίου 2004 με την οδηγία 2004/101/ΕΚ για την τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας, όσον αφορά τους μηχανισμούς έργων του πρωτοκόλλου του Κιότο.

4.1.2 Τα Εθνικά Σχέδια Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών

Για κάθε Κράτος Μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχουν καθοριστεί ανώτατα όρια εκπομπών, με τα οποία θα πρέπει να συμμορφώνεται και να υποβάλλει ετήσιες εκθέσεις στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Σύμφωνα με τους κανόνες του ευρωπαϊκού ΣΕΔΕ για τις βιομηχανίες που υπόκεινται σε αυτό, κάθε κράτος-μέλος κατανέμει δικαιώματα εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε κάθε υπόχρεη εγκατάσταση για την τρέχουσα περίοδο υποβάλλοντας ΕΣΚΔΕ τα οποία καταρτίζονται με βάση διαφανή κριτήρια. Ένα ΕΣΚΔΕ αναφέρει τις εκπομπές προηγούμενων ετών ανά τομέα δραστηριότητας, ενώ περιέχει και προβλέψεις για τις μελλοντικές εκπομπές κάθε τομέα (Σενάριο Αναμενόμενης Εξέλιξης, ΣΑΕ), συνήθως μέχρι το 2020. Επίσης, είναι απαραίτητο να αποφεύγεται η παραχώρηση υπερβολικά μεγάλου αριθμού Δικαιωμάτων στις εγκαταστάσεις και να ενθαρρύνεται η προώθηση έργων CDM και JI. Κάθε ΕΣΚΔΕ ελέγχεται και εγκρίνεται ή απορρίπτεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Το ΕΣΚΔΕ ωστόσο δεν είναι μόνο ένα τεχνικό κείμενο απογραφής των εκπομπών κάθε εγκατάστασης της χώρας, εφόσον μέσα σε αυτό εκφράζεται η χάραξη πολιτικής και η στρατηγική της κάθε χώρας-μέλους για τα μέτρα που θα λάβει για να επιτύχει τους στόχους της.

Σκοπός των ΕΣΚΔΕ είναι ο καθορισμός της συνολικής ποσότητας εκπομπών CO₂, την οποία τα κράτη-μέλη διαθέτουν στις επιχειρήσεις τους με τη μορφή δικαιωμάτων εκπομπών, τα οποία θα είναι τότε δυνατόν να πωλούνται ή να αγοράζονται από τις ίδιες τις επιχειρήσεις. Η ιδέα είναι ότι μέσω της κατανομής δικαιωμάτων τα κράτη μέλη θα περιορίσουν τις εκπομπές CO₂ από τους τομείς της ενέργειας και της βιομηχανίας, δημιουργώντας κατά τον τρόπο αυτό στενότητα έτσι ώστε στη συνέχεια να είναι δυνατή η λειτουργία και ανάπτυξη αγοράς και να μειωθούν πραγματικά οι εκπομπές στο σύνολό τους (cap-and-trade).

Σε περίπτωση απόρριψης ενός ΕΣΚΔΕ από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, το κράτος μέλος δεν μπορεί να προχωρήσει και να εκτελέσει το σχέδιο όπως προβλέπεται, δηλαδή να διαθέσει το προτεινόμενο πλήθος δικαιωμάτων. Η Επιτροπή πρέπει να αιτιολογεί κάθε απορριπτική απόφαση. Οι σχετικοί λόγοι θα κατευθύνουν το κράτος μέλος όσον αφορά στον τρόπο με τον οποίο θα καταστήσει το σχέδιό του συμβατό προς τα κριτήρια διάθεσης. Εάν τα κράτη μέλη των οποίων τα σχέδια απορρίφθηκαν μερικώς εφαρμόσουν τις προταθείσες τροποποιήσεις, δεν πρέπει να υποβάλουν τα σχέδιά τους στην Επιτροπή δεύτερη φορά αλλά αυτομάτως μπορούν να προχωρήσουν σε εμπόριο εκπομπών.

4.1.3 Το Ανεξάρτητο Σύστημα Καταγραφής Συναλλαγών της Κοινότητας (Community Independent Transaction Log, CITL)

Τα δικαιώματα που ανταλλάσσονται στο πλαίσιο του ΣΕΔΕ δεν τυπώνονται αλλά καταχωρούνται σε ηλεκτρονικά μητρώα τα οποία τηρούν τα Κράτη Μέλη. Είναι υποχρεωτικό για κάθε Κράτος Μέλος να διαθέτει εθνικό μητρώο. Τα μητρώα αυτά εξασφαλίζουν την ακριβή καταγραφή όλων των μονάδων στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο καθώς επίσης την ακριβή καταγραφή όλων των δικαιωμάτων στο πλαίσιο του ΣΕΔΕ. Πιο συγκεκριμένα, περιέχονται:

- οι εκπομπές που αναφέρονται στις υποβαλλόμενες εκθέσεις και οι εξακριβωμένες εκπομπές
- ο αριθμός των αδειών εκπομπής που κατέχουν οι εγκαταστάσεις
- ο αριθμός των δικαιωμάτων που επιστρέφουν στο τέλος κάθε έτους
- ο αριθμός των δικαιωμάτων που ανταλλάσσουν με άλλους συμμετέχοντες στο σύστημα

Αν μία εγκατάσταση επιθυμεί να αγοράσει ή να πουλήσει δικαιώματα σε μία άλλη, η συναλλαγή θα καταγραφεί και θα καταχωρηθεί στο μητρώο. Το ιστορικό όλων των συναλλαγών καταχωρείται και στα δύο μητρώα των χωρών που συμμετέχουν.

Όλα τα μητρώα εποπτεύονται από έναν Κεντρικό Διαχειριστή σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέσω του Ανεξάρτητου Συστήματος Καταγραφής Συναλλαγών της Κοινότητας (Community Independent Transaction Log, CITL), ο οποίος ελέγχει κάθε συναλλαγή για παρατυπίες. Με τον τρόπο αυτό, τα συστήματα των μητρώων παρακολουθούν την κατοχή δικαιωμάτων με τον ίδιο τρόπο που το τραπεζικό σύστημα παρακολουθεί την κατοχή χρήματος. Το CITL καταγράφει τη χορήγηση, μεταφορά, ακύρωση, απόσυρση και μετάθεση των δικαιωμάτων που λαμβάνουν χώρα στο μητρώο.

4.2 Το Χρηματιστήριο των Ρύπων

Όπως έχει αναφερθεί, οι επιχειρήσεις που δεν έχουν αρκετό απόθεμα δικαιωμάτων για να καλύψουν τις εκπομπές τους οφείλουν να αγοράσουν δικαιώματα από άλλες επιχειρήσεις που έχουν αρκετό απόθεμα. Οι αγοραπωλησίες λαμβάνουν χώρα είτε κατευθείαν μεταξύ των μονάδων είτε εντός οργανωμένης αγοράς, η οποία έχει ονομαστεί «Χρηματιστήριο των Ρύπων». Σε ένα χρηματιστήριο ρύπων οι τιμές των δικαιωμάτων επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες, όπως συμβαίνει σε όλες τις αγορές όπου ισχύει ο νόμος της προσφοράς και της ζήτησης.

Πριν από την έναρξη της πρώτης περιόδου εφαρμογής του ΣΕΔΕ (2005-2007) λειτουργούσαν ήδη αγορές για τις άδειες εκπομπής αερίων ρύπων αφού το εμπόριο εκπομπών προϋπήρχε του ευρωπαϊκού ΣΕΔΕ. Ο όγκος συναλλαγών, μάλιστα, ήταν σημαντικός και ανερχόταν περίπου στα 8 εκατομμύρια EUAs στο τέλος του 2004 και η τιμή έδειχνε να σταθεροποιείται σχετικά γύρω στα €9 για άδειες του 2005. Η σταθεροποίηση αυτή τελικά δεν συνέχισε αφού οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την τιμή των δικαιωμάτων είναι πολλοί και παρουσιάζονται συνοπτικά στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 4.1: Παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή των δικαιωμάτων. [24]

Τιμή των καυσίμων

Η τιμή των καυσίμων φαίνεται να είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για τον καθορισμό της τιμής των δικαιωμάτων. Συγκεκριμένα, η διαφορά (spread) των χρηματιστηριακών τιμών γαιάνθρακα και φυσικού αερίου καθορίζει ποιο καύσιμο θα χρησιμοποιήσουν οι ευρωπαϊκές εταιρίες ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Καθώς η χρήση γαιάνθρακα οδηγεί σε σημαντικά μεγαλύτερες εκπομπές CO₂, η μείωση της τιμής του σε σχέση με το φυσικό αέριο, οδηγεί στην αύξηση της κατανάλωσής του και, επομένως, σε αύξηση των τιμών των δικαιωμάτων. Αντίστροφα, η μείωση της τιμής του φυσικού αερίου, σε σχέση με το γαιάνθρακα, οδηγεί σε μείωση της τιμής των δικαιωμάτων.

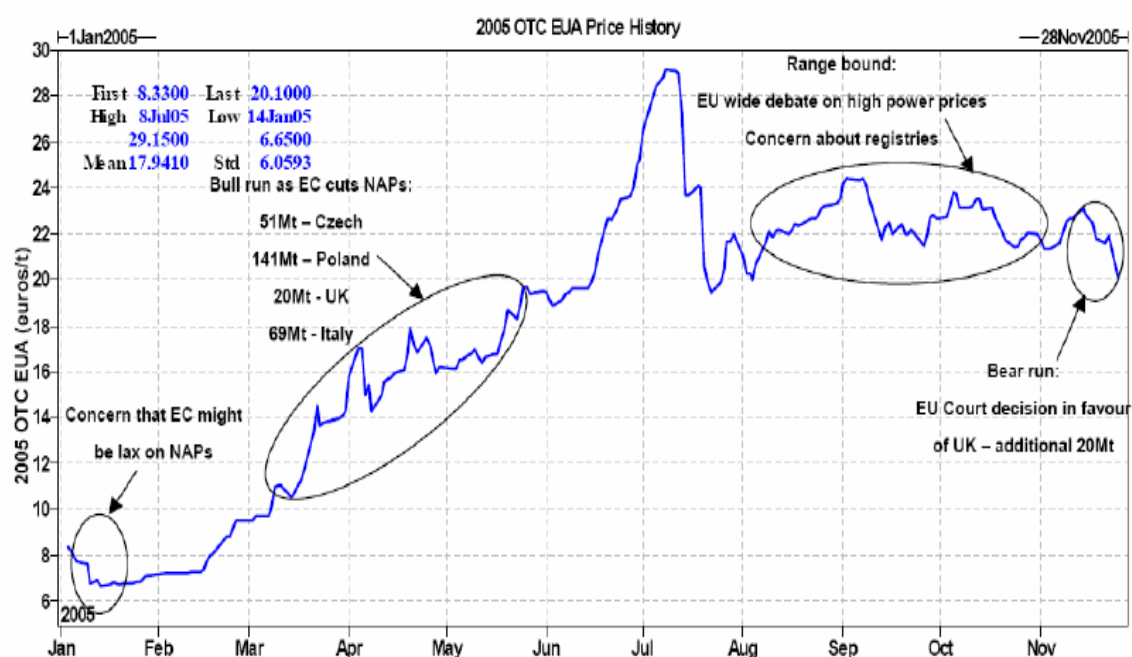
Κλιματικές συνθήκες

Η βραχυπρόθεσμη εξέλιξη των κλιματικών συνθηκών καθορίζει εν μέρει τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα. Επομένως, μετεωρολογικές συνθήκες που αυξάνουν τη ζήτηση (πολύ χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες) οδηγούν σε μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και επομένως σε μεγαλύτερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, αυξάνοντας τη τιμή διαπραγμάτευσης των δικαιωμάτων. Επιπλέον οι βροχοπτώσεις και οι άνεμοι, παράγοντας ενέργεια μέσω υδροηλεκτρικών και αιολικών έργων, αντικαθιστούν την ενέργεια που παράγεται από την καύση του διοξειδίου του άνθρακα, οδηγώντας σε μειωμένες εκπομπές και επομένως σε μείωση της τιμής διαπραγμάτευσης των δικαιωμάτων.

Εθνικά Σχέδια Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών

Η μορφή των ΕΣΚΔΕ, οι προβλέψεις που περιέχουν σχετικά με τις μελλοντικές εκπομπές αλλά κυρίως ο αριθμός των δικαιωμάτων που

κατανέμονται στις εγκαταστάσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στην εκάστοτε τρέχουσα τιμή των δικαιωμάτων. Αυτό γίνεται αντιληπτό χρησιμοποιώντας ένα παράδειγμα. Έστω ότι μία χώρα εκδίδει ένα ΕΣΚΔΕ το οποίο προβλέπει ιδιαίτερα αυξημένο αριθμό αδειών. Οι παράγοντες της αγοράς ηρεμούν διαισθανόμενοι ότι οι άδειες δε θα εκλείψουν από την αγορά και άρα η ζητούμενη ποσότητα μειώνεται και μαζί της και η τιμή των αδειών. Από την άλλη μεριά ένα πολύ αυστηρό σχέδιο οδηγεί τους παράγοντες της αγοράς σε αυξημένη ζήτηση αδειών και επομένως σε αύξηση της τιμής τους. Κάτι τέτοιο παρατηρήθηκε και καθ' όλη τη διάρκεια του 2005 όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στο σχήμα 4.1 που εμφανίζει τη μεταβολή της τιμής των δικαιωμάτων κατά το έτος αυτό. Στο αριστερά επάνω άκρο του διαγράμματος δίνονται ορισμένα στατιστικά στοιχεία σχετικά με την τιμή των αδειών. Η τιμή ξεκινά στις αρχές του έτους από €8.33, έχει ελάχιστο τα €6.65 στις 14 Ιανουαρίου, μέγιστο τα €29.15 στις 8 Ιουλίου, ενώ η μέση τιμή είναι €17.941 με διακύμανση €6.0593.



Σχήμα 4.2: Διακύμανση της τιμής των δικαιωμάτων (€/tCO₂) το 2005. [25]

Τον Ιανουάριο του 2005, παρατηρείται μία πτώση στην τιμή των δικαιωμάτων η οποία συμπίπτει χρονικά με την φημολογία ότι θα υπάρξει σημαντική ελαστικότητα ως προς τα εθνικά σχέδια από την μεριά της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η αγορά ερμηνεύει την φημολογία αυτή ως αυξημένο αριθμό δικαιωμάτων και μειώνει την ζήτηση με αποτέλεσμα την πτώση της τιμής τους. Λίγους μήνες αργότερα, τον Απρίλιο, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή περικόπτει τον συνολικό αριθμό των δικαιωμάτων στα εθνικά Σχέδια της Τσεχίας, της Πολωνίας, της Βρετανίας και της Ολλανδίας θεωρώντας ότι ο αριθμός των δικαιωμάτων στις αρχικές προτάσεις των χωρών αυτών ήταν υπερβολικός. Οι περικοπές αυτές είχαν ως αποτέλεσμα την συνεχή αύξηση της τιμής των δικαιωμάτων. Το Νοέμβριο του 2005, η Βρετανία μετά την ένσταση που υπέβαλλε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή σχετικά με τη μείωση των δικαιωμάτων της στο ΕΣΚΔΕ, κερδίζει την δικαστική διαμάχη και της

αποδίδεται το δικαίωμα να αυξήσει τον αριθμό των δικαιωμάτων της με αποτέλεσμα τη μείωση της τιμής τους.

Ευέλικτοι μηχανισμοί του Πρωτοκόλλου του Κιότο

Οι υπόλοιποι ευέλικτοι μηχανισμοί του Κιότο (Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης και Από Κοινού Εφαρμογή) παράγουν πιστωτικά μόρια (CERs και ERUs αντίστοιχα), τα οποία μεταφέρονται στις αγορές δικαιωμάτων και επηρεάζουν τη συνολική προσφορά. Η απήχηση που έχουν οι δύο αυτοί μηχανισμοί στις επιχειρήσεις και ο βαθμός στον οποίον χρησιμοποιούνται επηρεάζει την συνολική ποσότητα των δικαιωμάτων και άρα και την τιμή τους. Η ύπαρξη περισσότερων μονάδων CER και ERU έχει αρνητική επίπτωση στην τιμή των δικαιωμάτων.

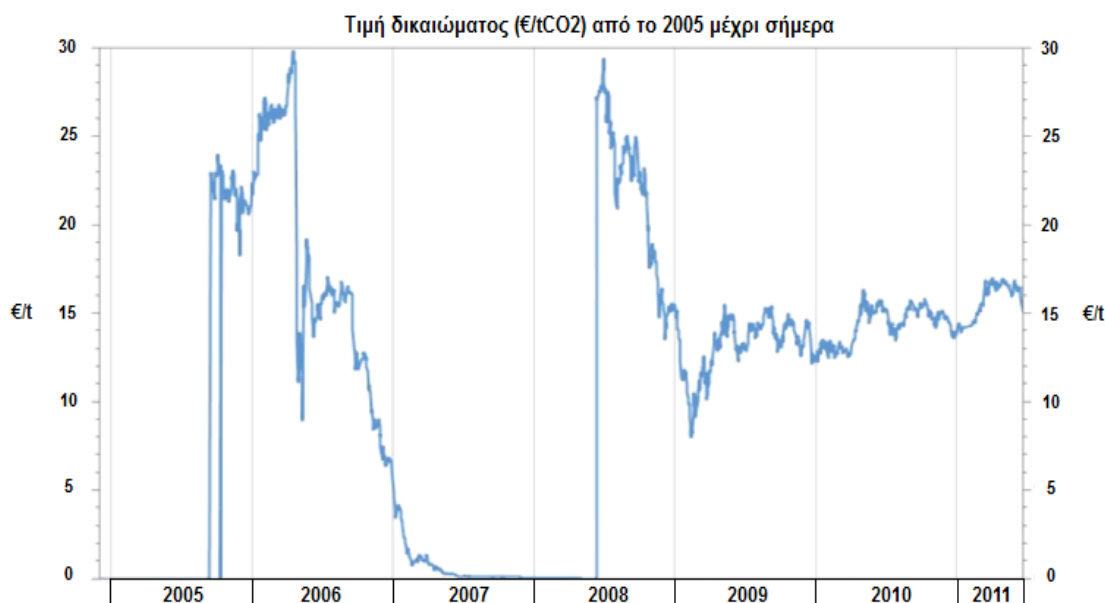
Οικονομικές Συνθήκες

Η γενικότερη κατάσταση της αγοράς επηρεάζει την τιμή διαπραγμάτευσης των δικαιωμάτων, όπως επηρεάζει τις τιμές διαπραγμάτευσης των περισσότερων εμπορευμάτων. Είναι προφανές ότι περίοδοι οικονομικής άνθησης ευνοούν την αύξηση της παραγωγής και επομένως την αύξηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και την αύξηση της τιμής διαπραγμάτευσης των δικαιωμάτων. Επιπλέον ευνοείται και η δημιουργία νέων επιχειρήσεων στον ενεργειακό τομέα άρα και η αύξηση των εκπομπών και της ζήτησης των δικαιωμάτων.

Τεχνολογικοί Παράγοντες

Οι τεχνολογικοί παράγοντες έχουν άμεση σχέση με τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Μέχρι στιγμής η χρήση εναλλακτικών μορφών παραγωγής ενέργειας δεν έχει προχωρήσει πολύ κυρίως λόγω του ότι δεν έχουν βρεθεί κάποιες μέθοδοι οι οποίες θα μπορούσαν να βοηθήσουν ικανοποιητικά στην αποθήκευση της ενέργειας. Εάν κάτι τέτοιο γινόταν, τότε η αιολική και άλλες μορφές εναλλακτικών ενεργειών θα προτιμούνταν περισσότερο. Επίσης, υπάρχουν εναλλακτικές μορφές ενέργειας των οποίων όμως το υψηλό κόστος δεν επιτρέπει την χρήση τους. Αυτοί είναι οι δύο βασικοί λόγοι για την απήχηση που έχουν ακόμη οι γαιάνθρακες στις επιχειρήσεις παραγωγής ενέργειας. Η στροφή προς εναλλακτικές μορφές ενέργειας θα είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της ζήτησης των δικαιωμάτων, επομένως και της τιμής τους.

Η συνολική διακύμανση της τιμής των δικαιωμάτων από την έναρξη του συστήματος μέχρι σήμερα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. (ECX)



Σχήμα 4.3: Διακύμανση της τιμής των δικαιωμάτων (€/tCO₂) από την έναρξη του ευρωπαϊκού ΣΕΔΕ μέχρι σήμερα. [26]

4.2.1 Χρηματιστηριακές αγορές ρύπων

Τα δικαιώματα εκπομπών διαπραγματεύονται στα Ευρωπαϊκά χρηματιστήρια ενεργειακών προϊόντων. Τα ενεργειακά χρηματιστήρια ήταν αποτέλεσμα της απελευθέρωσης της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση στις αρχές της δεκαετίας. Η βασική λειτουργία τους είναι η διαπραγμάτευση ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. Από τις αρχές του 2005, τα περισσότερα ενεργειακά χρηματιστήρια έχουν αναλάβει και τις συναλλαγές δικαιωμάτων εκπομπών. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι:

European Climate Exchange (ECX)

Το ECX εδρεύει στο Άμστερνταμ και είναι το μεγαλύτερο, από πλευράς όγκου συναλλαγών και τζίρου, χρηματιστήριο δικαιωμάτων στην Ευρώπη. Είναι θυγατρική εταιρία του Chicago Climate Exchange (CCX) και έχει εξειδικευτεί στην αγορά δικαιωμάτων εκπομπών και παραγώγων αυτών. Για το έτος 2005 έγιναν συνολικές συναλλαγές όγκου 81.725.000 δικαιωμάτων.

NORDPOOL

Το NORDPOOL είναι το ενεργειακό χρηματιστήριο των σκανδιναβικών χωρών (Νορβηγία, Σουηδία, Φιλανδία, Δανία), το οποίο εδρεύει στη Νορβηγία. Ξεκίνησε τη λειτουργία του στις αρχές της δεκαετίας του 1990 με τη διαπραγμάτευση ηλεκτρικής ενέργειας. Στις αρχές του 2005 ξεκίνησε και τη διαπραγμάτευση δικαιωμάτων εκπομπών. Το 2005 ήταν το δεύτερο μεγαλύτερο χρηματιστήριο δικαιωμάτων από πλευράς όγκου συναλλαγών (συνολικά 28.177.000 δικαιώματα).

Powernext

Το Powernext είναι το ενεργειακό χρηματιστήριο της Γαλλίας. Λειτουργεί από τα τέλη του 2001, προσφέροντας τη δυνατότητα διαπραγμάτευσης ενεργειακών προϊόντων. Από τον Ιούνιο του 2005 ξεκίνησε τη διαπραγμάτευση δικαιωμάτων εκπομπών. Ο όγκος των συναλλαγών για το 2005 ήταν 4.372.000 δικαιώματα.

European Energy Exchange (EEX)

Το EEX είναι το ενεργειακό χρηματιστήριο της Γερμανίας. Λειτουργεί από το 2000 στη Λειψία προσφέροντας τη δυνατότητα διαπραγμάτευσης ενεργειακών προϊόντων και παραγώγων τους. Η διαπραγμάτευση δικαιωμάτων εκπομπών ξεκίνησε το Φεβρουάριο του 2005. Ο όγκος των συναλλαγών για το 2005 ήταν περίπου 3.180.000 δικαιώματα.

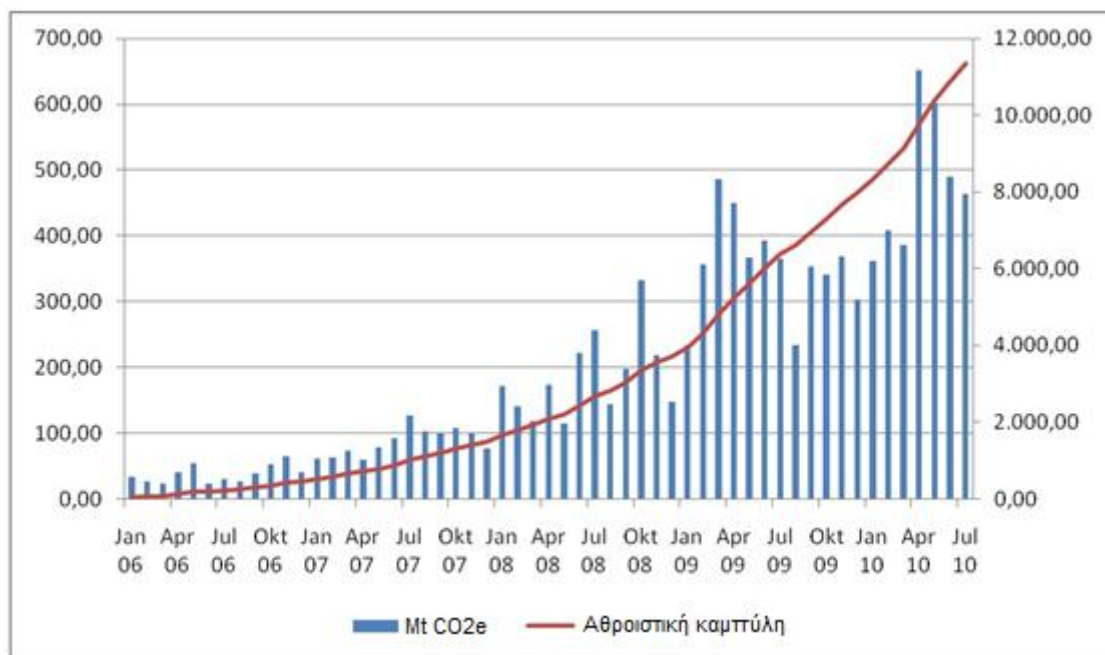
Energy Exchange Austria (EXAA)

Το EXAA είναι το ενεργειακό χρηματιστήριο της Αυστρίας, το οποίο ξεκίνησε τη λειτουργία του το Μάρτιο του 2002, στο Γκρας της Αυστρίας. Από το 2005 έχει ξεκινήσει και η διαπραγμάτευση δικαιωμάτων εκπομπών. Για το 2005 ο συνολικός όγκος των συναλλαγών δεν ξεπέρασε τα 200.000 δικαιώματα. Η διαπραγμάτευση δεν γίνεται σε καθημερινή βάση, αλλά ορισμένες μόνο ημέρες κάθε μήνα και έχει τη μορφή δημοπρασίας.

4.2.2 Όγκοι συναλλαγών

Το 2005 διακινήθηκαν τουλάχιστον 270 εκατομμύρια άδειες συνολικής αξίας περίπου 5 δισεκατομμυρίων ευρώ. Με βάση τα στοιχεία της Παγκόσμιας Τράπεζας (World Bank), ο όγκος συναλλαγών αυξήθηκε σε 1,1 δισεκατομμύρια δικαιώματα το 2006 και πάνω από 2 δισεκατομμύρια το 2007. Το ευρωπαϊκό εμπόριο δικαιωμάτων αποτελεί περίπου το 80% του παγκόσμιου τζίρου της εμπορίας αδειών εκπομπών CO₂, ο οποίος ήταν 64 δισεκατομμύρια δολάρια το 2007. Το 2009, 6,3 δισεκατομμύρια τόνοι CO₂ ανταλλάχθηκαν στο ενεργειακό χρηματιστήριο συνολικής αξίας 88,7 δισεκατομμυρίων ευρώ. Η αγορά του άνθρακα θα αυξηθεί κατά 15% το 2011 φθάνοντας τα 107 δισ. ευρώ σύμφωνα με αναλύτες της εταιρείας Bloomberg New Energy Finance (BNEF), η οποία ασχολείται με αναλύσεις στον τομέα της ενέργειας. Οι εγκαταστάσεις θα οδηγήσουν αυτή την ανάπτυξη εφόσον αποκτήσουν περισσότερα δικαιώματα σε αναμονή για την 3^η περίοδο του Σ.Ε.Δ.Ε. (2013-2020) όταν θα πρέπει να αγοράσουν όλα τα δικαιώματά τους σε δημοπρασία. Εάν οι ΗΠΑ, η Ιαπωνία και η Αυστραλία θέσουν σε εφαρμογή συστήματα εμπορίας προβλέπεται η αγορά άνθρακα παγκοσμίως να φθάσει τα 1,7 τρισεκατομμύρια ευρώ το 2020.

Στο διάγραμμα του σχήματος 4.3 παρουσιάζεται ο συνολικός όγκος των διακινούμενων δικαιωμάτων (σε Mt CO₂) από το 2006 μέχρι και τον Ιούλιο του 2010 (μπλε ράβδοι), καθώς και η αντίστοιχη αθροιστική καμπύλη, στοιχεία τα οποία καταγράφηκαν στο ευρωπαϊκό ενεργειακό χρηματιστήριο ECX.



Σχήμα 4.4: Έγκρητο συναλλαγών δικαιωμάτων (σε Mt CO₂e) από το 2006 μέχρι τον Ιούλιο του 2010. [27]

4.2.3 Προβλήματα στη λειτουργία του Χρηματιστηρίου των Ρύπων

Από την έναρξη του ευρωπαϊκού ΣΕΔΕ το 2005 μέχρι σήμερα, το χρηματιστήριο του άνθρακα έχει δεχθεί κατά καιρούς πλήγματα στην ομαλή λειτουργία του. Σχεδόν ένα κρούσμα απάτης ανά μήνα έχει παρατηρηθεί από τα μέσα του 2009:

- Τον Ιούλιο του 2009 ξεκίνησε έρευνα για απάτη σε σχέση με το Φόρο Προστιθέμενης Αξίας (ΦΠΑ) σε δικαιώματα στη γαλλική αγορά, με τις εκτιμώμενες απώλειες εσόδων να ξεπερνούν τα 5 δισεκατομμύρια ευρώ. Οι υποκλοπείς δημιουργούσαν λογαριασμούς σε μία χώρα και αγόραζαν δικαιώματα από άλλη χώρα, αλλά χωρίς να χρεώνονται το ΦΠΑ καθώς η σχετική νομοθεσία δεν τον περιελάμβανε στις συναλλαγές μεταξύ διαφορετικών χωρών. Στη συνέχεια, οι υποκλοπείς πουλούσαν τα δικαιώματα στην εγχώρια αγορά με την προσθήκη του ΦΠΑ με αποτέλεσμα να έχουν σημαντικό κέρδος.
- Τον Ιανουάριο του 2010 τέσσερα άτομα κατηγορήθηκαν για εμπορία ανύπαρκτων δικαιωμάτων στο Βέλγιο.
- Τον Φεβρουάριο του 2010 επιχειρήθηκε η απόσπαση κωδικών για την κλοπή δικαιωμάτων. Συγκεκριμένα, χάκερς υπέκλεψαν 250.000 άδειες εμπορίας ρύπων συνολικής αξίας τριών εκατομμυρίων ευρώ, δημιουργώντας ψεύτικα μητρώα καταγραφής του εμπορίου ρύπων. Στη συνέχεια, μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, παρότρυναν τους χρήστες να εισέλθουν στην ιστοσελίδα τους δίνοντας κωδικούς εισόδου για τα μητρώα, τους οποίους και χρησιμοποίησαν για την πραγματοποίηση συναλλαγών. Οι ευρωπαϊκές χώρες που επλήγησαν ήταν η Γερμανία, το Βέλγιο, η Δανία, η Ελλάδα, η Ιταλία, η Ολλανδία και η Ισπανία. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα κάποιες χώρες, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, να κλείσουν τα μητρώα τους ενώ άλλες ανέστειλαν την λειτουργία τους.

- Τον ίδιο μήνα στη Νορβηγία τρία άτομα και δύο επιχειρήσεις κατηγορήθηκαν για απάτη με το ΦΠΑ των δικαιωμάτων.
- Το Μάρτιο του 2010 από το μητρώο της Ουγγαρίας πουλήθηκαν δικαιώματα (CERs) που είχαν ήδη χρησιμοποιηθεί από άλλες εταιρείες, με αποτέλεσμα να σταματήσουν οι συναλλαγές σε τρία χρηματιστήρια ρύπων. Παρόλο που η πώληση χρησιμοποιημένων μονάδων CER δεν εξυπηρετεί τους στόχους του ΣΕΔΕ, δεν υπήρξε οδηγία για την απαγόρευση της. Η παρατυπία αυτή διορθώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με μετατροπή της σχετικής νομοθεσίας.
- Τον Απρίλιο του 2010 στη Γερμανία και τη Μεγάλη Βρετανία συλλαμβάνονται 25 άτομα για φορολογική απάτη στην εμπορία δικαιωμάτων ρύπων. Ανάλογα κρούσματα εμφανίζονται στην Τσεχία τον Αύγουστο.
- Το Δεκέμβριο του 2010, ένα εκατομμύριο δικαιώματα «εξαφανίζονται» από το μητρώο της Ρουμανίας, εξαιτίας ιού. Τον ίδιο μήνα σταματούν οι συναλλαγές στην Ιταλία μετά από πωλήσεις δικαιωμάτων με σημαντική έκπτωση.
- Τον Ιανουάριο του 2011, κλάπηκαν δικαιώματα με τη μέθοδο «phishing», δηλαδή με τη δημιουργία μιας πλαστής ιστοσελίδας, σχεδιασμένη να μοιάζει με την επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Οι χάκερς που τη δημιούργησαν απέστειλαν μηνύματα ηλεκτρονικής αλληλογραφίας σε χιλιάδες εταιρείες στον κόσμο, ζητώντας από υπαλλήλους τους να συνδεθούν με τους κωδικούς τους στην πλαστή ιστοσελίδα. Κατ' αυτόν τον τρόπο κατάφεραν να κλέψουν ονόματα χρηστών και τους σχετικούς κωδικούς και τα χρησιμοποίησαν για να αποκτήσουν πρόσβαση στις βάσεις δεδομένων, που περιείχαν αναλυτικά στοιχεία και άδειες του ΣΕΔΕ. Οι χάκερς παραβίασαν τους κωδικούς που ελέγχουν το εμπόριο ρύπων Ελλάδας, Τσεχίας, Εσθονίας και Αυστρίας, εκμεταλλευόμενοι κυρίως τα ελλιπή ηλεκτρονικά συστήματα ασφαλείας, και υπέκλεψαν δικαιώματα συνολικής αξίας 28 εκατομμυρίων ευρώ πουλώντας τα στην αγορά προς 14 €/tCO₂. Στο πλαίσιο αυτό, τα μητρώα των χωρών είχαν προσωρινώς αναστείλει τις εσωτερικές και εξωτερικές συναλλαγές τους, για περίπου δύο μήνες, έως ότου ολοκληρωθούν οι έλεγχοι ασφαλείας και υποβληθούν οι εκθέσεις των ελέγχων προς έγκριση από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε και αυτή με την σειρά της ελέγχους των αποτελεσμάτων από τα διάφορα εθνικά Μητρώα και σταδιακά άρχισε να εγκρίνει την επαναλειτουργία τους.

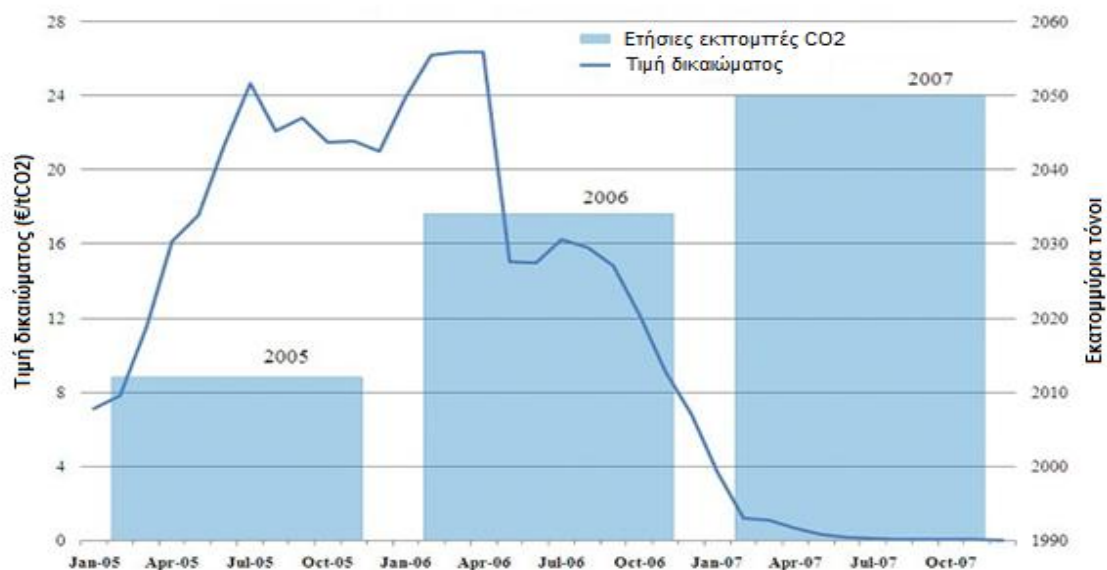
Λόγω των παραπάνω γεγονότων, η αξιοπιστία της αγοράς του άνθρακα έχει αμφισβητηθεί ιδιαίτερα. Από την πλευρά της, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει λάβει μέτρα για την αποφυγή προβλημάτων στη λειτουργία της αγοράς. Καταρχήν, τροποποίησε τη σχετική νομοθεσία έτσι ώστε ο αγοραστής των δικαιωμάτων να χρεώνεται τον ΦΠΑ στις συναλλαγές μεταξύ δύο χωρών ώστε να αποφευχθούν απάτες σχετικά με τη φορολόγηση των δικαιωμάτων. Επιπλέον, για την ισχυροποίηση της ασφάλειας των μητρώων των κρατών μελών, προτάθηκαν σαν μέτρα η συνεχής ενημέρωση των σχεδίων ασφαλείας των μητρώων, η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των κρατών σχετικά με ύποπτες αιτήσεις για άνοιγμα ενός λογαριασμού αλλά και η εκπαίδευση των χρηστών των μητρώων. Από το 2013 θα λειτουργήσει ένα κεντρικό μητρώο το οποίο θα αντικαταστήσει τα υπάρχοντα μητρώα των 30 χωρών που

συμμετέχουν στο ΣΕΔΕ, με διαχειριστή την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η αλλαγή αυτή θα απλοποιήσει τις διαδικασίες που απαιτούνται από την πλευρά της Επιτροπής, για την ισχυροποίηση της ασφάλειας του μητρώου.

4.3 Περίοδοι εμπορίας δικαιωμάτων

1^η περίοδος εμπορίας δικαιωμάτων (2005-2007)

Η 1^η περίοδος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών, η οποία ήταν δοκιμαστική, ξεκίνησε την 1^η Ιανουαρίου 2005 και έληξε την 31^η Δεκεμβρίου 2007. Περιελάμβανε τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από δραστηριότητες παραγωγής ενέργειας (διυλιστήρια πετρελαίου, εγκαταστάσεις καύσεως με ονομαστική θερμική κατανάλωση άνω των 20 MW), δραστηριότητες παραγωγής και επεξεργασίας σιδηρούχων μετάλλων καθώς και τις βιομηχανίες ανόργανων υλών. Συνολικά, συμμετείχαν περίπου 12.000 εγκαταστάσεις στα τότε 15 κράτη-μέλη Ευρωπαϊκής Ένωσης ενώ το ανώτατο όριο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που κατανεμήθηκε, δωρεάν, ήταν 2,3 δισεκατομμύρια τόνοι ανά έτος. Από αυτά το 95% των δικαιωμάτων διανεμήθηκαν δωρεάν ενώ το υπόλοιπο 5% μέσω πλειστηριασμού. Το πρώτο έτος τα δικαιώματα που ανταλλάχθηκαν ήταν 362 εκατομμύρια με συνολικό κόστος 7,2 δισεκατομμύρια €. Η τιμή των δικαιωμάτων έφτασε τον Απρίλιο του 2006 τα 30€/τόνο CO₂, και μειώθηκε στα 10€/τόνο CO₂ τον επόμενο μήνα. Επειδή τα δικαιώματα που κατανεμήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν πολύ περισσότερα από αυτά που πραγματικά είχε ανάγκη κάθε κράτος-μέλος, καθώς η περίοδος ήταν δοκιμαστική, η τιμή των δικαιωμάτων έπεσε στα 1,2€/τόνο CO₂ το Μάρτιο του 2007 και προς το τέλος της 1^{ης} περιόδου στα 0,10€/τόνο CO₂. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η διακύμανση των τιμών των δικαιωμάτων σε €/τόνο CO₂ καθώς και οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU-15).



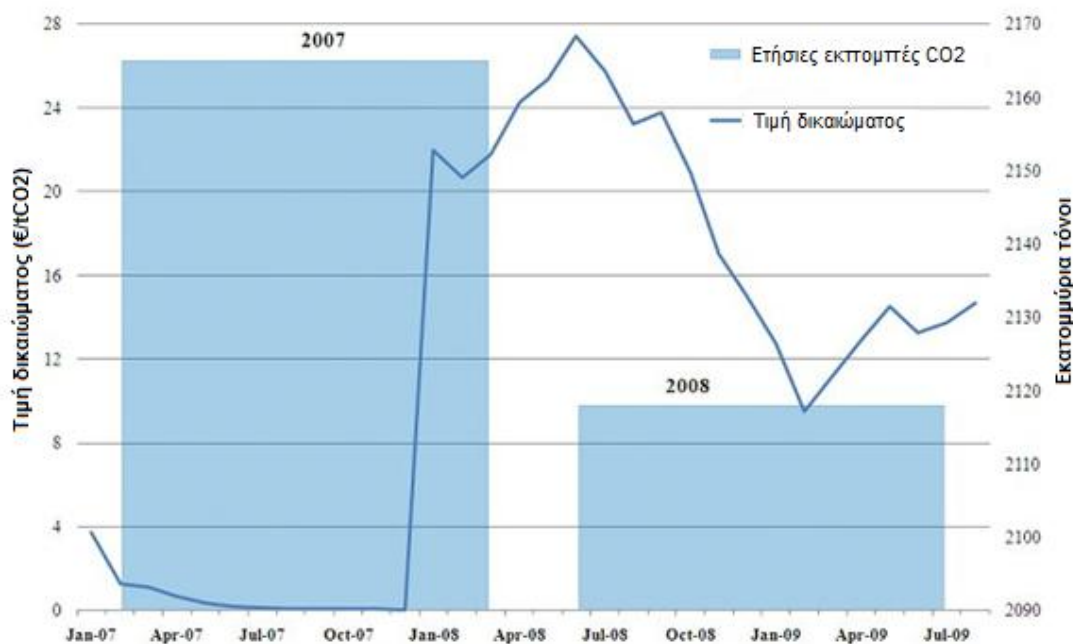
Σχήμα 4.5: Ετήσιες εκπομπές CO₂ και διακύμανση της τιμής των δικαιωμάτων (σε €/tCO₂) κατά την πρώτη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων του ευρωπαϊκού ΣΕΔΕ (2005-2007). [28]

Όπως παρατηρείται υπήρξε μείωση στις εκπομπές CO₂ με την έναρξη της περιόδου, η οποία δεν συνεχίστηκε αφού οι εκπομπές αυξήθηκαν και πάλι το 2006 και 2007, κάτι το οποίο σχετίζεται άμεσα με την πτώση της τιμής των δικαιωμάτων την ίδια περίοδο. Η πτώση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι τα δικαιώματα που κατανεμήθηκαν ήταν πολύ περισσότερα από τις εκπομπές που χρειαζόταν να καλύψει κάθε κράτος-μέλος. Επιπλέον, λόγω της συνεχούς οικονομικής ανάπτυξης οι εκπομπές μπορούσαν να αυξηθούν χωρίς κανένα περιορισμό αφού οι τιμές των δικαιωμάτων παρέμεναν σε χαμηλά επίπεδα. Η σχεδόν μηδενική τιμή των δικαιωμάτων προς το τέλος της περιόδου οφείλεται στο ότι οι εγκαταστάσεις δεν αγόραζαν δικαιώματα για να τα χρησιμοποιήσουν την επόμενη περίοδο, αφού κάτι τέτοιο απαγορευόταν από την οδηγία. Αυτό όμως δεν ισχύει για την 2^η περίοδο.

2^η περίοδος εμπορίας δικαιωμάτων (2008-2012)

Η 2^η περίοδος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών, η οποία συμπίπτει με την περίοδο δέσμευσης του πρωτοκόλλου του Κιότο, ξεκίνησε την 1^η Ιανουαρίου 2008 και αναμένεται να λήξει στις 31 Ιανουαρίου 2012. Ο αριθμός των δικαιωμάτων τα οποία κατανεμήθηκαν ήταν 2,08 δισεκατομμύρια τόνοι CO₂ ανά έτος, ποσότητα η οποία είναι μικρότερη από την αντίστοιχη της πρώτης περιόδου και κατά 6,5% μικρότερη σε σχέση με τις εκπομπές του 2005. Το 90% των δικαιωμάτων κατανεμήθηκε δωρεάν ενώ το υπόλοιπο 5% με πλειστηριασμό. Το υπόλοιπο 5% ισχύει για τις νεοεισερχόμενες στο ΣΕΔΕ εγκαταστάσεις. Οι μειωμένες εκπομπές το 2008, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, είχαν σαν αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών των δικαιωμάτων στα 22€/tCO₂ το δεύτερο εξάμηνο του 2008 και στα 13€/tCO₂ το πρώτο εξάμηνο του 2009. Μέχρι σήμερα, η τιμή των δικαιωμάτων έχει σταθεροποιηθεί στα 13-15€/tCO₂.

Η μείωση της τιμής των δικαιωμάτων το 2009 οφείλεται στο ότι η παγκόσμια οικονομική κρίση είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και επομένως μειωμένη ζήτηση των δικαιωμάτων. Σύμφωνα με τις προβλέψεις, θα υπάρξει πλεόνασμα δικαιωμάτων στο τέλος της περιόδου το οποίο όμως δεν θα χαθεί αφού οι εγκαταστάσεις θα μπορέσουν να το χρησιμοποιήσουν την επόμενη περίοδο (2013-2020).



Σχήμα 4.6: Όγκοι συναλλαγών (σε Mt CO₂e) και διακύμανση της τιμής των δικαιωμάτων (σε €/tCO₂) κατά τη δεύτερη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων του ευρωπαϊκού ΣΕΔΕ. (2008-σήμερα). [28]

Μία σημαντική διαφοροποίηση της δεύτερης από την πρώτη περίοδο, είναι η σύνδεση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων με τους υπόλοιπους μηχανισμούς του πρωτοκόλλου του Κιότο μέσω της ευρωπαϊκής οδηγίας 2004/101/ΕΚ. Σύμφωνα με την οδηγία, οι μονάδες μείωσης εκπομπών (Emission Reduction Units, ERUs) και οι πιστοποιημένες μειώσεις εκπομπών (Certified Reduction Units, CRUs) που προέρχονται από τους μηχανισμούς από κοινού εφαρμογής (JI) και καθαρής ανάπτυξης (CDM) αντίστοιχα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο του ΣΕΔΕ. Με τον τρόπο αυτό, οι εγκαταστάσεις που συμμετέχουν στο σύστημα μπορούν να μειώσουν το κόστος συμμόρφωσης τους ενώ βελτιώνεται και η ρευστότητα της αγοράς δικαιωμάτων με ταυτόχρονη μείωση της τιμής τους.

Εκτός από τους τομείς της βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας, από το 2012 θα ισχύσει η ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ οι αεροπορικές εταιρείες θα πρέπει να κατέχουν δικαιώματα για να καλύψουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις πτήσεις από και προς τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το γεγονός αυτό αναμένεται να προκαλέσει αύξηση της ζήτησης των δικαιωμάτων κατά 10 – 12 εκατομμύρια τόνους CO₂ ανά έτος.

3^η περίοδος εμπορίας δικαιωμάτων (2013-2020)

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία 2009/29/ΕΚ, η 3^η περίοδος εμπορίας δικαιωμάτων θα ξεκινήσει την 1^η Ιανουαρίου 2013 και θα λήξει την 31^η Δεκεμβρίου 2020. Η ποσότητα των δικαιωμάτων που θα κατανεμηθεί ανέρχεται στα 2,04 δισεκατομμύρια τόνους CO₂ για το 2013, ποσότητα η οποία

θα ελαττώνεται κατά 1,74% κάθε χρόνο, με στόχο την μείωση των εκπομπών κατά 21% μέχρι το 2020, σε σχέση με τα επίπεδα του 2005.

Η περίοδος αυτή θα αφορά ακόμη περισσότερες εγκαταστάσεις όπως την βιομηχανία παραγωγής αλουμινίου και αμμωνίας, και περισσότερα αέρια του θερμοκηπίου όπως το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) και τους υπερφθοράνθρακες (PFCs). Ο τομέας των αερομεταφορών δεν περιλαμβάνεται στους σχετικούς τομείς, καθώς υπάρχει ξεχωριστή ποσότητα δικαιωμάτων προς κατανομή.

Η διαφοροποίηση σε σχέση με τις προηγούμενες περιόδους αφορά το ποσοστό των δημοπρατούμενων δικαιωμάτων. Για τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, το ποσοστό ανέρχεται στο 100%, δηλαδή θα πρέπει όλες οι βιομηχανίες παραγωγής ενέργειας να αγοράζουν τα απαιτούμενα δικαιώματα, ενώ υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις για 10 κράτη-μέλη (Βουλγαρία, Κύπρος, Τσεχία, Εσθονία, Ουγγαρία, Λετονία, Λιθουανία, Μάλτα, Πολωνία και Ρουμανία) τα οποία θα μπορούν να κατανέμουν έναν περιορισμένο αριθμό δικαιωμάτων δωρεάν. Για τους υπόλοιπους τομείς το ποσοστό των δημοπρατούμενων δικαιωμάτων θα είναι 20%, αλλά θα αυξηθεί στο 70% το 2027 και στο 100% το 2027. Συνολικά, τουλάχιστον το 50% των δικαιωμάτων θα δημοπρατούνται από το 2013, ποσοστό το οποίο θα φτάσει το 75% το 2025. Το συνολικό εισόδημα από τις δημοπρατήσεις θα φτάσει τα 15 με 20 δισεκατομμύρια ευρώ από το 2013.

Όσον αφορά στην τιμή των δικαιωμάτων, σύμφωνα με την εταιρεία Point Carbon η οποία ασχολείται με αναλύσεις στον τομέα της ενέργειας, αυτή αναμένεται να φτάσει τα 28 €/tCO₂ το 2014 και τα 37 €/tCO₂ το 2016.

4.4 Οι αρνητικές πτυχές του ευρωπαϊκού ΣΕΔΕ

Σκοπός της δημιουργίας του ΣΕΔΕ ήταν ο περιορισμός των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου εντός της Ευρώπης και ο σχεδιασμός του έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνονται οι προβλεπόμενοι στόχοι με τρόπο οικονομικά αποδοτικό. Ωστόσο, η αξιοπιστία του συστήματος έχει αμφισβητηθεί αρκετά για διάφορους λόγους, όπως είναι η υπερβολική κατανομή δωρεάν δικαιωμάτων στις εγκαταστάσεις, τα απροσδόκητα κέρδη που παρουσίασαν, τουλάχιστον την πρώτη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων και η μεταβλητότητα της τιμής των δικαιωμάτων.

Πλεόνασμα δικαιωμάτων

Από την έναρξη του ευρωπαϊκού ΣΕΔΕ υπήρξε κατανομή περισσότερων δικαιωμάτων από αυτά που πραγματικά χρειάζονταν τα κράτη μέλη (over-allocation), με αποτέλεσμα η τιμή τους να φτάσει σχεδόν το μηδέν στο τέλος της πρώτης περιόδου εμπορίας. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την αβεβαιότητα των προβλέψεων των εκπομπών, στις οποίες βασίζεται η κατάρτιση των ΕΣΚΔΕ. Βέβαια, αυτό δεν σημαίνει ότι δεν υπήρξε μείωση των εκπομπών, αφού το 2005 οι εξακριβωμένες εκπομπές ήταν 3-4% λιγότερες από τις προβλεπόμενες. Την επόμενη περίοδο εμπορίας, τα συνολικά δικαιώματα ήταν λιγότερα κατά 6% σε σχέση με το 2005.

Απροσδόκητα κέρδη (windfall profits)

Οι εταιρείες ηλεκτροπαραγωγής που συμμετέχουν στο ΣΕΔΕ, έλαβαν τα απαραίτητα δικαιώματα δωρεάν τόσο κατά την πρώτη όσο και κατά τη δεύτερη περίοδο εμπορίας, ενώ ένα μικρό ποσοστό ήταν διαθέσιμο μέσω δημοπράτησης (5% και 10% αντίστοιχα). Παρόλα αυτά μετακύλησαν κανονικά το κόστος των δικαιωμάτων στους καταναλωτές με αποτέλεσμα να έχουν απροσδόκητα κέρδη (windfall profits).

Η πρακτική μετακύλησης του κόστους, λόγω του συστήματος εμπορίας ρύπων, είναι συνηθισμένη στις εταιρείες ηλεκτροπαραγωγής του εξωτερικού. Έτσι, για παράδειγμα, στη Γερμανία υπολογίζεται ότι την περίοδο 2008-2012 οι εταιρείες παραγωγής ηλεκτρισμού θα έχουν απροσδόκητα κέρδη 14-27 δισεκατομμύρια ευρώ, καθώς θα χρεώσουν τους καταναλωτές με τα δικαιώματα ρύπων, παρότι τα έχουν λάβει δωρεάν από την Ε.Ε. Η γερμανική εταιρεία ηλεκτρισμού RWE, μάλιστα, απεκόμισε ήδη 5 δις €, κατά την εφαρμογή της πρώτης φάσης του συστήματος εμπορίας ρύπων (τριετία 2005-2007).

Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου, η οδηγία τροποποιήθηκε έτσι ώστε να μειωθεί σημαντικά το ποσοστό των δωρεάν δικαιωμάτων και να αυξηθεί κατά πολύ (έως και 100%) το ποσοστό των δημοπρατούμενων δικαιωμάτων.

Μεταβλητότητα της τιμής των δικαιωμάτων

Η τιμή των δικαιωμάτων τριπλασιάστηκε το πρώτο εξάμηνο του 2005, κατέρρευσε στο μισό σε διάστημα μίας εβδομάδας το 2006 και έφτασε σχεδόν το μηδέν τους επόμενους 12 μήνες. Η αστάθεια αυτή είχε ως συνέπεια την αμφισβήτηση της αξιοπιστίας του Σ.Ε.Δ.Ε. Έτσι τα δικαιώματα που κατανεμήθηκαν την δεύτερη περίοδο ήταν λιγότερα σε σχέση με της πρώτης, ενώ επιτράπηκε και η χρήση δικαιωμάτων από τη δεύτερη περίοδο για την τρίτη, κάτι το οποίο δεν ίσχυε για την πρώτη περίοδο.

4.5 Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι πλήρες συμβαλλόμενο μέρος της Σύμβασης για τις κλιματικές αλλαγές, έχει κυρώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο και είναι ένα από τα 39 συμβαλλόμενα μέρη τα οποία έχουν δεσμευθεί με ποσοτικό απόλυτο όριο των εκπομπών. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο, δεσμεύεται να περιορίσει την αύξηση των εκπομπών της στο +25% για το διάστημα 2008-2012, προκειμένου να συνεισφέρει στο κοινό στόχο της ΕΕ για 8% μείωση των εκπομπών της για το αυτό διάστημα. Με την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 54409/2632/2004 ενσωματώθηκε η Οδηγία 2003/87/ΕΚ στο Εθνικό Δίκαιο και καθορίστηκε η λειτουργία του ΣΕΔΕ στην Ελλάδα. Σύμφωνα με την ΚΥΑ, αρμόδια αρχή για την εφαρμογή του συστήματος ορίζεται το Υπουργείο Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) και συγκεκριμένα το Γραφείο Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (Γ.Ε.Δ.Ε.).

Το ΕΣΚΔΕ της περιόδου 2005-2007 προέβλεπε την κατανομή 223.266.053 tCO₂ σε 141 εγκαταστάσεις και 8.170.598 tCO₂ (3,7% των

δικαιωμάτων) για τις νεοεισερχόμενες εγκαταστάσεις. Η ποσότητα αυτή υπολογίστηκε με βάση τη δέσμευση της χώρας για περιορισμό των εκπομπών της στο +25% το 2012 σε σχέση με το 1990, σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο. Το 2005 οι συνολικές επαληθευμένες εκπομπές ήταν περισσότερες από τα εκχωρημένα δικαιώματα κατά 96.714 τόνους CO₂ ή ποσοστό 0,14% επί του συνόλου. Δηλαδή τον πρώτο χρόνο το σύνολο των ελληνικών εγκαταστάσεων είχε έλλειμμα αδειών. Αντίθετα, το 2006 καταγράφηκε πλεόνασμα 1.912.523 τόνων CO₂, ή ποσοστό 1,03%. Η κατάσταση διαφοροποιείται σημαντικά από κλάδο σε κλάδο. Τα διυλιστήρια, η φρύξη μετάλλων και η παραγωγή χαρτιού είναι ελλειμματικοί κλάδοι και τις δύο χρονιές. Πλεονασματικοί παρουσιάζονται οι κλάδοι των καύσεων, του σιδήρου και χάλυβα, των τσιμέντων, του ασβέστη και του γυαλιού. Στους κλάδους της ηλεκτροπαραγωγής και των κεραμικών το 2005 και το 2007 καταγράφηκε έλλειμμα, ενώ το 2006 περίσσεια δικαιωμάτων. Η μεγαλύτερη διαφορά, σε απόλυτους αριθμούς, μεταξύ επαληθευμένων εκπομπών και δικαιωμάτων εμφανίζεται στην ηλεκτροπαραγωγή. Αυτή η τάση είναι κοινή σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες, καθώς η ηλεκτροπαραγωγή θεωρείται γενικά ότι είναι ο κλάδος με το μεγαλύτερο περιθώριο μείωσης των εκπομπών. Οι κλάδοι του τσιμέντου, του ασβέστη, του γυαλιού, και του σιδήρου και του χάλυβα είναι οι περισσότερο πλεονασματικοί κλάδοι. Ιδιαίτερα οι εκπομπές στον κλάδο του σιδήρου και του χάλυβα ήταν πολύ χαμηλότερες από τα εκχωρηθέντα δικαιώματα. Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζεται το πλεόνασμα ή η περίσσεια δικαιωμάτων ανά κλάδο στην Ελλάδα την περίοδο 2005-2007.

Πίνακας 4.1: Έλλειμμα και περίσσεια δικαιωμάτων ανά δραστηριότητα την πρώτη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων (2005-2007) στην Ελλάδα. [29]

Δραστηριότητες - Κλάδοι	Ελλειμμα (-)/ Περίσσεια (+) δικαιωμάτων			
	2005	2006	2007	Σύνολο 2005-07
ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ	-428,070	1,757,357	-964,378	364,909
ΚΑΥΣΗ	29,079	117,900	223,132	370,111
ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ	-205,233	-871,107	-936,266	-2,012,606
ΦΡΥΞΗ	9,959	50,995	-14,045	46,909
ΣΙΔΗΡΟΣ-ΧΑΛΥΒΑΣ	278,403	268,227	253,207	799,837
ΤΣΙΜΕΝΤΑ	98,115	326,864	612,889	1,037,868
ΑΣΒΕΣΤΗΣ	66,841	86,613	3,743	157,197
ΓΥΑΛΙ	37,608	57,836	54,646	150,090
ΚΕΡΑΜΙΚΑ	-740	99,540	33,621	132,421
ΧΑΡΤΙ	17,324	18,298	20,739	56,361
ΣΥΝΟΛΟ	-96,714	1,912,523	-712,712	1,103,097

Για την περίοδο 2008-2012, το ΕΣΚΔΕ κατανέμει 324.807.009 τόνους διοξειδίου του άνθρακα σε 152 εγκαταστάσεις, ενώ προβλέπονται 16.740.701 τόνοι για νέες εγκαταστάσεις. Τα κατανεμημένα δικαιώματα ανά δραστηριότητα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.2: Κατανομή δικαιωμάτων ανά δραστηριότητα τη δεύτερη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων (2008-2012) στην Ελλάδα. [30]

Δραστηριότητες	Σύνολο δικαιωμάτων σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις (tCO₂)
Ηλεκτροπαραγωγή	230.117.824
Λοιπές καύσεις	3.038.120
Διυλιστήρια	20.483.355
Φρύξη	4.048.345
Σίδηρος –Χάλυβας	2.828.620
Τσιμέντα	53.863.840
Ασβέστης	4.633.535
Γυαλί	285.585
Κεραμικά	4.570.885
Χαρτί	936.900
Σύνολο	324.807.009

Πριν το τελικό ΕΣΚΔΕ, η Ελλάδα είχε υποβάλει αρχικά σχέδιο το οποίο προέβλεπε περισσότερα δικαιώματα για τις εγκαταστάσεις. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή το απέρριψε καθώς η προβλεπόμενη μείωση των εκπομπών για το 2012 ήταν λιγότερη από αυτήν που ορίζει το πρωτόκολλο του Κιότο, συγκεκριμένα ανερχόταν σε ποσοστό 8,6%. Έτσι, αναγκάστηκε τελικά να προχωρήσει στη μείωση των συνολικών δικαιωμάτων που διανεμήθηκαν στις επιχειρήσεις στο τελικό ΕΣΚΔΕ που δημοσίευσε τον Απρίλιο του 2008, προκειμένου να επιτευχθεί μείωση κατά 16,6%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**Η ΕΝΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**

Στις 27 Σεπτεμβρίου 2005 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε ανακοίνωση με τίτλο «*Μείωση των επιπτώσεων της αεροπορίας στην αλλαγή του κλίματος*», που αξιολογούσε τις πολιτικές εναλλακτικές δυνατότητες που είναι διαθέσιμες για την επίτευξη του ως άνω στόχου και συνοδευόταν από εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Το κύριο συμπέρασμα ήταν, ότι η μελλοντική αύξηση της εναέριας κυκλοφορίας θα πρέπει να αποτελέσει το έναυσμα για την εισαγωγή μέτρων και πολιτικών για τον περιορισμό της στην αλλαγή του κλίματος. Ως εκ τούτου, η Επιτροπή αποφάσισε να εφαρμόσει σε κοινοτικό επίπεδο ένα μέτρο που να βασίζεται στην αγορά, αντί να λάβει άλλα οικονομικά μέτρα με τη μορφή φόρων ή επιβαρύνσεων και δήλωσε ότι «...η καλύτερη μελλοντική πορεία ... θα ήταν να συμπεριληφθούν οι κλιματικές επιπτώσεις του τομέα της αεροπορίας στο σύστημα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την εμπορία των δικαιωμάτων εκπομπής αερίων (ΣΕΔΕ) που συμβάλλουν φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής».

Στις 2 Δεκεμβρίου 2005, το Συμβούλιο των Υπουργών Περιβάλλοντος εξέδωσε συμπεράσματα, στα οποία αναγνωρίζεται ότι η υπαγωγή των αερομεταφορών στο κοινοτικό σύστημα προσφέρει τις καλύτερες προοπτικές και κάλεσε την Επιτροπή να υποβάλει νομοθετική πρόταση έως τα τέλη του 2006. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο επιβεβαίωσε τα σημαντικότερα συμπεράσματα στα οποία είχε καταλήξει το Συμβούλιο των Υπουργών Περιβάλλοντος. Στις 21 Απριλίου 2006, η Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή εξέδωσε γνώμη σχετικά με την ανακοίνωση, στην οποία διατυπώνει την άποψη ότι η υπαγωγή των αερομεταφορών στο κοινοτικό σύστημα θα ήταν ιδιαίτερα σκόπιμη. Στις 4 Ιουλίου 2006 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέδωσε ψήφισμα, με το οποίο υποστηρίζει την ανακοίνωση της Επιτροπής και αναγνωρίζει ότι η εμπορία εκπομπών, εάν ενταχθεί σε μια ολοκληρωμένη δέσμη μέτρων για τη αντιμετώπιση του αντίκτυπου των αερομεταφορών στο κλίμα, μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο, με την προϋπόθεση ότι θα σχεδιασθεί κατάλληλα.

Έτσι, στις 13 Νοεμβρίου 2007 έγινε η πρώτη ανάγνωση της οδηγίας για την ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ, η οποία εγκρίθηκε και από τους Υπουργούς Περιβάλλοντος. Μετά από ορισμένες τροποποιήσεις, στις 19 Νοεμβρίου 2008 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε την οδηγία 2008/101/ΕΚ για την τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ ώστε να ενταχθούν οι αεροπορικές δραστηριότητες στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας. Σύμφωνα με την οδηγία, το έτος 2012 θα αποδοθεί στον τομέα των αερομεταφορών μία ποσότητα δικαιωμάτων προς κατανομή στους φορείς εκμετάλλευσης αεροσκαφών, με στόχο την σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στα επίπεδα του 2005. Υπενθυμίζεται ότι ένα δικαίωμα εκπομπής ισούται με ένα τόνο ισοδύναμου CO₂ όπου το ισοδύναμο CO₂ είναι ένας μετρικός τόνος διοξειδίου

του άνθρακα (CO₂), ή ποσότητα οποιουδήποτε άλλου αερίου θερμοκηπίου με ισοδύναμο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη.

Οι αερομεταφορείς θα πρέπει να κατέχουν και να αποδίδουν στο κράτος στο οποίο υπάγονται δικαιώματα για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από τις πτήσεις που εκτελούν. Τα δικαιώματα απαιτούνται για όλα τα αεροσκάφη με Μέγιστο Επιτρεπόμενο Βάρος Απογείωσης (Maximum Takeoff Weight, MTOW) από 5.700 kg και άνω. Η ποσότητα των συνολικών δικαιωμάτων που θα κατανεμηθεί σε κάθε φορέα αεροπορικής δραστηριότητας θα υπολογιστεί με βάση τα τονοχιλιόμετρικά του δεδομένα για το έτος 2010. Τα κυριότερα σημεία της οδηγίας περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

5.1 Κύρια σημεία της οδηγίας 2008/101/ΕΚ

Πτήσεις

Από το 2012, όλες οι πτήσεις που αναχωρούν ή αφικνούνται στα αεροδρόμια των 27 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θα συμπεριλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ. Επιπλέον περιλαμβάνονται και τα αεροδρόμια των χωρών που είναι μέλη του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (European Economic Area, EEA) δηλαδή της Ισλανδίας, του Λιχτενστάιν και της Νορβηγίας. Οι διεθνείς πτήσεις θα υπόκεινται στους ίδιους κανόνες με τις πτήσεις εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αν κάποια χώρα που δεν είναι κράτος-μέλος λάβει εναλλακτικά μέτρα που να αποφέρει αποτελέσματα παρόμοια με το ΣΕΔΕ, το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής του συστήματος μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να εξαιρεθούν οι πτήσεις που αναχωρούν ή αφικνούνται σε αυτή την χώρα, μέσω διαπραγματεύσεων.

Από το σύστημα εξαιρούνται πτήσεις όπως οι στρατιωτικές, πυροσβεστικές, πτήσεις έρευνας και διάσωσης, οι πτήσεις που τερματίζονται στο αεροδρόμιο από το οποίο απογειώθηκε το αεροσκάφος και κατά τη διάρκεια των οποίων δεν πραγματοποιήθηκε ενδιάμεση προσγείωση και οι εκπαιδευτικές πτήσεις. Επιπλέον, εξαιρούνται οι φορείς εμπορικής εκμετάλλευσης αεροσκαφών που εκτελούν λιγότερες από 234 πτήσεις ανά περίοδο για τρεις συνεχόμενες τετράμηνες περιόδους οι πτήσεις με συνολικές εκπομπές CO₂ λιγότερες από 10.000 kg. Όλες οι περιπτώσεις εξαιρέσεων περιέχονται στο παράρτημα Ι της κοινοτικής οδηγίας και εξηγούνται λεπτομερώς στην σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής 2009/450/ΕΚ.

Σχέδια παρακολούθησης και εκθέσεις

Οι αερομεταφορείς πρέπει να υποβάλλουν στο κράτος στο οποίο ανήκουν, σχέδιο παρακολούθησης στο οποίο καθορίζονται μέτρα για την παρακολούθηση των εκπομπών και των τονοχιλιομετρικών δεδομένων, καθώς και τις σχετικές ετήσιες εκθέσεις με σκοπό την υποβολή αίτησης χορήγησης δικαιωμάτων που πρόκειται να κατανεμηθούν δωρεάν. Τα τονοχιλιομετρικά δεδομένα είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό των δικαιωμάτων που θα λάβει ένας αερομεταφορέας, όπως θα δούμε παρακάτω. Για την κατάρτιση των σχεδίων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θεσπίσει κατευθυντήριες γραμμές οι οποίες περιέχονται στο παράρτημα V της σχετικής οδηγίας. Τα σχέδια αυτά

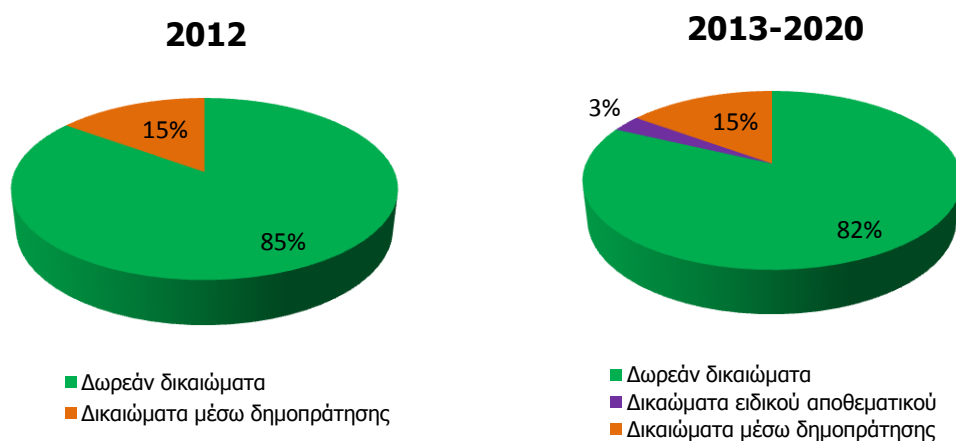
πρέπει να εγκρίνονται από την αρμόδια αρχή, η οποία στην περίπτωση της Ελλάδας είναι η Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) και ειδικότερα το αυτοτελές Γραφείο Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΓΕΔΕ) της Διεύθυνσης Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου (ΕΑΡΘ), σε συνεργασία με την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (ΥΠΑ).

Η καταληκτική ημερομηνία υποβολής των σχεδίων παρακολούθησης για όλους τους αερομεταφορείς ήταν η 31^η Αυγούστου 2009, ενώ μέχρι την 31^η Δεκεμβρίου 2009 οι αρμόδιες αρχές έπρεπε να τα εγκρίνουν.

Κατανομή δικαιωμάτων

Την πρώτη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων για τις αερομεταφορές (1 Ιανουαρίου 2012 - 31 Δεκεμβρίου 2012), τα συνολικά δικαιώματα που θα κατανεμηθούν στους αερομεταφορείς θα ισούνται με το 97% των ιστορικών εκπομπών των αεροπορικών μεταφορών. Με τον όρο «ιστορικές εκπομπές» των αεροπορικών μεταφορών νοείται ο αριθμητικός μέσος των ετήσιων εκπομπών τα έτη 2004, 2005 και 2006 από αεροσκάφη τα οποία εκτελούσαν πτήσεις που δεν ανήκουν στις εξαιρέσεις της οδηγίας. Οι ιστορικές εκπομπές καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, υπό την καθοδήγηση του EUROCONTROL. Τη δεύτερη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων (1 Ιανουαρίου 2013 - 31 Δεκεμβρίου 2020) το ποσοστό των συνολικών δικαιωμάτων θα μειωθεί στο 95% των ιστορικών εκπομπών των αεροπορικών μεταφορών, αλλά μπορεί να αναθεωρηθεί στο πλαίσιο της οδηγίας.

Αρχικά, τα περισσότερα δικαιώματα θα κατανεμηθούν δωρεάν στους αερομεταφορείς. Συγκεκριμένα, το 2012 το 85% των δικαιωμάτων θα διατίθεται δωρεάν και το υπόλοιπο 15% θα διατίθεται μέσω δημοπρασίας. Τη δεύτερη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων 2013-2020, το 82% θα διατίθεται δωρεάν, το 15% μέσω δημοπρασίας και το υπόλοιπο 3% θα διατίθεται σε ένα ειδικό αποθεματικό. Το ειδικό αποθεματικό δικαιωμάτων υπάρχει ώστε να εξασφαλίζεται η πρόσβαση νέων φορέων εκμετάλλευσης αεροσκαφών στην αγορά και να διευκολύνονται οι αεροπορικοί φορείς που αυξάνουν ραγδαία τον αριθμό των πτήσεων που εκτελούν. Την περίοδο 2013-2020 το ποσοστό των δημοπρατούμενων δικαιωμάτων είναι το ίδιο, αλλά μπορεί να αναθεωρηθεί στο πλαίσιο της οδηγίας.



Σχήμα 5.1: Ποσοστά κατανομής δικαιωμάτων στους αερομεταφορείς για τις δύο περιόδους εμπορίας δικαιωμάτων.

Έσοδα από τη δημοπράτηση των δικαιωμάτων

Τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι εκείνα που καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται τα έσοδα από τη δημοπράτηση των δικαιωμάτων. Τα έσοδα αυτά θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, για την προσαρμογή στις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στην ΕΕ και σε τρίτες χώρες, για τη χρηματοδότηση της έρευνας και ανάπτυξης με αντικείμενο τον περιορισμό και την προσαρμογή, και για την κάλυψη του κόστους διαχείρισης του κοινοτικού συστήματος. Τα έσοδα από τον πλειστηριασμό θα πρέπει επίσης να χρησιμοποιούνται για τις μεταφορές με χαμηλές εκπομπές. Επιπλέον, με τα έσοδα από τον πλειστηριασμό θα πρέπει επίσης να χρηματοδοτούνται οι συνεισφορές στο Παγκόσμιο Ταμείο Ενεργειακής Απόδοσης και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund, GEEREF) καθώς και τα μέτρα για την αποτροπή της αποψίλωσης και τη διευκόλυνση της προσαρμογής των αναπτυσσόμενων χωρών. Τα κράτη μέλη θα πρέπει να ενημερώνουν την Επιτροπή σχετικά με τις δράσεις που αναλαμβάνουν.

Εκχώρηση δικαιωμάτων στους φορείς

Για κάθε περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων, κάθε φορέας εκμετάλλευσης αεροσκαφών πρέπει να καταθέσει αίτηση για δικαιώματα που πρόκειται να κατανεμηθούν δωρεάν. Η αίτηση αυτή μπορεί να κατατεθεί με την υποβολή στην αρμόδια αρχή εξακριβωμένων τοπογραφικών δεδομένων για τις αεροπορικές δραστηριότητες του παραρτήματος Ι που άσκησε ο εν λόγω φορέας εκμετάλλευσης αεροσκαφών κατά το έτος παρακολούθησης. Το έτος παρακολούθησης είναι το ημερολογιακό έτος που λήγει 24 μήνες πριν από την έναρξη της περιόδου την οποία αφορά η αίτηση. Έτσι, για την περίοδο εμπορίας 2012 το έτος παρακολούθησης είναι το 2010, ενώ για την επόμενη (2013-2020) το έτος 2011. Οι αιτήσεις υποβάλλονται τουλάχιστον 21 μήνες πριν από την έναρξη της περιόδου την οποία αφορούν, ή, όσον αφορά την πρώτη περίοδο, έως τις 31 Μαρτίου 2011.

Σύνδεση με τους ευέλικτους μηχανισμούς του πρωτοκόλλου του Κιότο

Για να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα του κοινοτικού συστήματος σε σχέση με το κόστος του, οι φορείς εκμετάλλευσης αεροσκαφών θα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν πιστοποιημένες μειώσεις εκπομπών (CERs) και μονάδες μείωσης των εκπομπών (ERUs) από δραστηριότητες έργων για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων επιστροφής δικαιωμάτων, μέχρι ένα συγκεκριμένο όριο. Η χρήση CERs και ERUs θα πρέπει να είναι συνεπής με τα κριτήρια αποδοχής που χρησιμοποιούνται στο σύστημα εμπορίας που ορίζει οδηγία. Ο μέσος όρος των ποσοστών που ορίζουν τα κράτη μέλη για τη χρήση CER και ERU για την πρώτη περίοδο δεσμεύσεων του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι περίπου 15 %. Το ποσοστό αυτό, για την επόμενη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων (2013-2020) μπορεί να αναθεωρηθεί στα πλαίσια της οδηγίας.

Υπολογισμός δωρεάν δικαιωμάτων

Ο αριθμός των δωρεάν δικαιωμάτων που αντιστοιχούν σε κάθε φορέα εκμετάλλευσης αεροσκαφών θα καθοριστεί με βάση έναν συντελεστή σύγκρισης (benchmark), ο οποίος προκύπτει από τον τύπο:

$$\text{Συντελεστής Σύγκρισης} = \frac{\text{Συνολικός Αριθμός Δωρεάν Δικαιωμάτων/Συνολικά Τονοχιλιόμετρα έτους παρακολούθησης}}{1}$$

Ο αριθμός των δωρεάν δικαιωμάτων που θα λάβει κάθε φορέας προκύπτει από το γινόμενο του συντελεστή επί τον αριθμό των τονοχιλιομέτρων που εκτέλεσε ο φορέας το έτος παρακολούθησης και που εμπίπτει στο γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής του ΣΕΔΕ:

$$\text{Δωρεάν δικαιώματα φορέα} = \text{Συντελεστής Σύγκρισης} \times \text{Τονοχιλιόμετρα έτους παρακολούθησης}$$

Τονοχιλιομετρικά δεδομένα

Για την κατανομή των δικαιωμάτων, οι αερομεταφορείς θα πρέπει να υποβάλλουν αίτηση με τον αριθμό των τονοχιλιομέτρων που εκτελούν οι πτήσεις που περιλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ. Ο υπολογισμός των τονοχιλιομετρικών δεδομένων γίνεται με βάση τον εξής μαθηματικό τύπο:

$$\text{τονοχιλιομετρικά δεδομένα (t km)} = \text{απόσταση (km)} \times \text{ωφέλιμο φορτίο (t)}$$

όπου:

$$\text{Απόσταση [km]} = \text{απόσταση ορθοδρομίας [km]} + 95 \text{ km}$$

$$\text{Ωφέλιμο φορτίο (t)} = \text{μάζα φορτίου και ταχυδρομείου (t)} + \text{μάζα επιβατών και ελεγμένων αποσκευών (t)}$$

όπου:

- η απόσταση ορθοδρομίας καθορίζεται ως η βραχύτερη απόσταση μεταξύ δύο σημείων στην επιφάνεια της Γης (τόξο μέγιστου κύκλου).
- Η μάζα επιβατών και ελεγμένων αποσκευών μπορεί να υπολογιστεί με δύο τρόπους (βαθμίδες)

Βαθμίδα 1: Χρησιμοποιείται προκαθορισμένη τιμή 100 kg για κάθε επιβάτη και τις ελεγμένες αποσκευές.

Βαθμίδα 2: Χρησιμοποιείται η μάζα επιβατών και ελεγμένων αποσκευών που περιέχουν τα έγγραφα της τεκμηρίωσης της μάζας και του ισοζυγίου μάζας για κάθε πτήση.

Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Οι αερομεταφορείς θα πρέπει να υποβάλλουν στο κράτος στο οποίο ανήκουν, έκθεση σχετικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα λόγω των πτήσεων που εκτελούν, προκειμένου να δικαιολογούν τα δικαιώματα τα οποία λαμβάνουν. Οι εκπομπές υπολογίζονται με βάση τον τύπο :

$$\text{Εκπομπές CO}_2 = \text{Κατανάλωση καυσίμου} \times \text{συντελεστής εκπομπών}$$

Στην κατανάλωση καυσίμου συμπεριλαμβάνεται το καύσιμο που καταναλώνει η εφεδρική μονάδα παραγωγής ισχύος. Εφόσον είναι δυνατό, χρησιμοποιείται η πραγματική κατανάλωση καυσίμου για κάθε πτήση, η οποία υπολογίζεται δύο μεθόδους:

➤ Μέθοδος Α

Πραγματική κατανάλωση καυσίμου για κάθε πτήση (τόνοι) = Ποσότητα καυσίμου που περιέχουν οι δεξαμενές του αεροσκάφους μετά την ολοκλήρωση του ανεφοδιασμού με καύσιμο για την πτήση (τόνοι) – Ποσότητα καυσίμου που περιέχουν οι δεξαμενές του αεροσκάφους μετά την ολοκλήρωση του εφοδιασμού με καύσιμο για την επόμενη πτήση (τόνοι) + Ανεφοδιασμός με καύσιμο για την επόμενη αυτή πτήση (τόνοι).

➤ Μέθοδος Β

Πραγματική κατανάλωση καυσίμου για κάθε πτήση (τόνοι) = Ποσότητα καυσίμου που απομένει στις δεξαμενές του αεροσκάφους κατά την έναρξη τροχοδρόμησης του αεροσκάφους στο τέλος της προηγούμενης πτήσης (τόνοι) + εφοδιασμός με καύσιμο για την πτήση (τόνοι) – Ποσότητα καυσίμου που περιέχουν οι δεξαμενές του αεροσκάφους στο τέλος της πτήσης (τόνοι)

Ανάλογα με το καύσιμο των πτήσεων, ο συντελεστής εκπομπών διαφοροποιείται. Χρησιμοποιούνται οι προκαθορισμένοι από την IPCC συντελεστές εκπομπών, που περιλαμβάνονται στις κατευθυντήριες γραμμές της IPCC (2006) για τις απογραφές αερίων θερμοκηπίου. Οι συντελεστές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.1: Συντελεστές εκπομπών για τα αεροπορικά καύσιμα. [36]

Καύσιμο	Συντελεστής εκπομπών (tCO₂/καύσιμο)
Βενζίνη αεροπλάνων	3,10
Βενζίνη αεριωθουμένων	3,10
Κηροζίνη αεριωθουμένων	3,15

Εξακρίβωση

Οι εκθέσεις που υποβάλλουν οι αερομεταφορείς πρέπει να περιέχουν στοιχεία τα οποία είναι αληθή, έγκυρα και απαλλαγμένα αβεβαιοτήτων. Για το σκοπό αυτό, ορίζονται ειδικοί ελεγκτές οι οποίοι εκτελούν τη διαδικασία της εξακρίβωσης. Με την εξακρίβωση, επιδιώκεται να εξασφαλιστεί ότι η παρακολούθηση των εκπομπών και των τονοχιλιομετρικών δεδομένων είναι σύμφωνη με τις κατευθυντήριες γραμμές που ορίζονται από την οδηγία και ότι υποβάλλονται εκθέσεις με αξιόπιστα και ορθά δεδομένα. Οι ελεγκτές, οι οποίοι είναι ανεξάρτητοι από τους αερομεταφορείς, και μπορούν να ανήκουν σε ειδικούς φορείς πιστοποίησης, οφείλουν να συλλέγουν στοιχεία πτήσεων, εκπομπών και τονοχιλιομετρικών δεδομένων, να γνωρίζουν τα σχέδια παρακολούθησης και να ελέγχουν την ορθότητά τους, καθώς και να

προτείνουν μέτρα βελτίωσης των σχεδίων αυτών. Μετά την παραπάνω διαδικασία, υποβάλλεται έκθεση εξακρίβωσης η οποία περιέχει τη μεθοδολογία εξακρίβωσης, τα αποτελέσματα αυτής και την τελική γνωμάτευση του ελεγκτή. Η έκθεση πρέπει να περιέχει τον ακριβή αριθμό εκπομπών και τονοχιλιομετρικών δεδομένων που έχουν εξακριβωθεί, ενώ συνυποβάλλεται στην αρμόδια αρχή μαζί με την ετήσια έκθεση για τις εκπομπές. Όταν δεν υπάρχουν ανακρίβειες στις συνολικές εκπομπές, η έκθεση κρίνεται ικανοποιητική, ενώ στην αντίθετη περίπτωση κρίνεται ως μη ικανοποιητική και οι ανακρίβειες θα πρέπει να διορθωθούν σε χρονικό διάστημα καθορισμένο από την αρμόδια αρχή.

5.2 Παράδειγμα υπολογισμού κατανομής δικαιωμάτων

Για να μπορέσει να γίνει κατανοητή η λειτουργία του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων στον τομέα των αερομεταφορών, δίνεται ένα παράδειγμα κατανομής δικαιωμάτων για δύο αεροπορικές εταιρείες Α και Β.

Πίνακας 5.2: Παράδειγμα υπολογισμού δικαιωμάτων για δύο αεροπορικές εταιρείες Α και Β που εντάσσονται στο ΣΕΔΕ.

	A	B
Συνολικά δικαιώματα προς κατανομή για το 2012 (tCO ₂)	150	150
Τονοχιλιόμετρα 2010 (t x km)	50	50
Συνολικά τονοχιλιόμετρα 2010	500	500
Συντελεστής σύγκρισης	0,30	0,30
Αποδιδόμενα δικαιώματα σε κάθε εταιρεία (tCO ₂)	15	15
Δωρεάν δικαιώματα (85%) (tCO ₂)	12,75	12,75
Τονοχιλιόμετρα 2012 (t x km)	70	40
Εκπομπές CO ₂ (tCO ₂)	19	11
Δωρεάν δικαιώματα (tCO ₂)	12,75	12,75
Δικαιώματα προς αγορά/(πώληση)	6,25	(1,75)

Ο αριθμός των δικαιωμάτων που θα κατανεμηθεί σε κάθε αεροπορική εταιρεία ισούται με το γινόμενο του συντελεστή σύγκρισης επί τον αριθμό των τονοχιλιομέτρων των πτήσεων που περιλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ, του έτους 2010. Υποθέτοντας συγκεκριμένο αριθμό τονοχιλιομέτρων και εκπομπών CO₂ το 2012, προκύπτει ότι η αεροπορική εταιρεία Α θα πρέπει να αγοράσει επιπλέον δικαιώματα για να καλύψει τις εκπομπές τις, ενώ η εταιρεία Β θα έχει πλεόνασμα δικαιωμάτων τα οποία θα μπορέσει να πουλήσει στο χρηματιστήριο του άνθρακα.

Το παραπάνω παράδειγμα αντικατοπτρίζει τη φιλοσοφία του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων σύμφωνα με την οποία, οι αερομεταφορείς που λαμβάνουν μέτρα για τη μείωση των εκπομπών τους και είναι περισσότερο φιλικό προς το περιβάλλον βρίσκονται σε πλεονεκτική θέση έναντι των υπολοίπων. Έτσι, ενώ και οι δυο αερομεταφορείς λαμβάνουν ακριβώς τον ίδιο

αριθμό δικαιωμάτων, ο Β παρουσιάζει κέρδος πωλώντας τα περισσευούμενα δικαιώματα καθώς εκπέμπει σαφώς λιγότερο από τον Α.

5.3 Υπολογισμός ιστορικών εκπομπών

Για τον προσδιορισμό των δικαιωμάτων που θα κατανεμηθούν στους φορείς εκμετάλλευσης αεροσκαφών, ήταν απαραίτητος ο υπολογισμός των ιστορικών εκπομπών των αεροπορικών μεταφορών δηλαδή του μέσου όρου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα τα έτη 2004, 2005 και 2006, όπου και παρουσιάστηκε η μεγαλύτερη ανάπτυξη για τον τομέα των αερομεταφορών. Ο υπολογισμός έπρεπε να γίνει με την μέγιστη ακρίβεια αφού η υποεκτίμηση των ιστορικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα θα οδηγούσε σε μικρότερη κατανομή δικαιωμάτων στους αερομεταφορείς, ενώ η υπερεκτίμηση των εκπομπών θα αύξανε τα δικαιώματα προς κατανομή και συνεπώς θα παρεμπόδιζε το στόχο για σταθεροποίηση των εκπομπών από τις αερομεταφορές στα επίπεδα του 2005.

Τα βήματα που ακολούθησε ο οργανισμός EUROCONTROL για τον υπολογισμό των ιστορικών εκπομπών στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 (ΕΕ-27) είναι τα εξής:

- 1) Καθορισμός μεθοδολογίας για την εκτίμηση των ιστορικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, με βάση τα στοιχεία εναέριας κυκλοφορίας του Eurocontrol.
- 2) Εκτίμηση των ιστορικών εκπομπών με βάση την παραπάνω μεθοδολογία.
- 3) Συλλογή στοιχείων κατανάλωσης καυσίμου που παραχωρήθηκαν οικειοθελώς από αντιπροσωπευτικό αριθμό φορέων εκμετάλλευσης αεροσκαφών.
- 4) Ανάλυση των στοιχείων και καθορισμός διαδικασίας για την προσαρμογή των εκτιμήσεων του βήματος (2) με βάση τα στοιχεία του βήματος (3).
- 5) Προσαρμογή των εκτιμήσεων του βήματος (2) με βάση τα στοιχεία του βήματος (3).

Βήμα 1

Η μέθοδος του EUROCONTROL για την εκτίμηση των ιστορικών εκπομπών περιλαμβάνει τις παρακάτω διαδικασίες:

- α) *Συλλογή στοιχείων*: τα στοιχεία πτήσεων για την περίοδο 2004-2006 συλλέχθηκαν από την Κεντρική Υπηρεσία Τελών Διαδρομής (Central Route Charging Office, CRCO) του EUROCONTROL, την Κεντρική Μονάδα Διαχείρισης Ροής (Central Flow Management Unit, CFMU) και τις αρμόδιες αρχές των κρατών-μελών.
- β) *Υπολογισμός διανυθείσας απόστασης*: η CFMU παρέχει στοιχεία για τις πραγματικές αποστάσεις των πτήσεων.
- γ) *Υπολογισμός εκπομπών*: υπολογίστηκαν οι εκπομπές ανά πτήση με τις μεθόδους ANCAT 3 (Abatement of Nuisances Caused by Air Transport — Μείωση των οχλήσεων που προκαλούνται από τις αερομεταφορές) και CASE (Calculation of Emissions by Selective Equivalence — Υπολογισμός εκπομπών μέσω επιλεκτικής ισοδυναμίας).

- δ) *Εξαιρέσεις πτήσεων*: το Eurocontrol έλαβε υπόψη τις πτήσεις που εξαιρούνται από το ΣΕΔΕ σύμφωνα με το παράρτημα Ι της κοινοτικής οδηγίας.
- ε) *Εκτίμηση σφάλματος*: ορισμένα στοιχεία πτήσεων δεν ήταν επαρκή για τον υπολογισμό των εκπομπών, οπότε έγινε στατιστική εκτίμηση του σφάλματος.
- στ) *Φιλτράρισμα των πτήσεων*: αποκλείστηκαν οι πτήσεις που περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι της κοινοτικής οδηγίας.
- ζ) *Υπολογισμός ιστορικών εκπομπών*.

Βήμα 2

Με βάση την παραπάνω μεθοδολογία, εκτιμήθηκαν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για τα έτη 2004, 2005, 2006 στην ΕΕ-27.

Πίνακας 5.3: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στον ευρωπαϊκό εναέριο χώρο την περίοδο 2004-2006, όπως αυτές προσδιορίστηκαν από τη μεθοδολογία του EUROCONTROL. [31]

Έτος	Εκπομπές CO ₂ (τόνοι)
2004	201.230.517,72
2005	213.110.369,72
2006	221.245.104,72

Βήματα 3, 4 & 5

Η μέθοδος του EUROCONTROL χρησιμοποιεί τη μέθοδο ANCAT 3 για τον προσδιορισμό των εκπομπών. Η μέθοδος στηρίζεται στη βάση δεδομένων EMEP/CORINAIR, η οποία περιέχει εκτιμήσεις για την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ορισμένων αερίων του θερμοκηπίου, ανάλογα με το τύπο του αεροσκάφους και την απόσταση που διανύει. Παρόλα αυτά υπάρχουν και επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου, επομένως και τις εκπομπές, οι οποίοι δεν λαμβάνονται υπόψη στη μέθοδο ANCAT 3 όπως:

- το πραγματικό βάρος απογείωσης
- η κατανάλωση της βοηθητικής μονάδας ηλεκτρικής ισχύος (Auxiliary Power Unit, APU)
- οι μετεωρολογικές συνθήκες
- οι πραγματικοί χρόνοι τροχοδρόμησης
- ο χρόνος κράτησης πάνω από την τερματική περιοχή ελέγχου

Για να ληφθούν υπόψη αυτοί οι παράγοντες, παραχωρήθηκαν οικειοθελώς από αντιπροσωπευτικό αριθμό αερομεταφορέων πραγματικά στοιχεία κατανάλωσης καυσίμου. Στη συνέχεια έγινε στατιστική επεξεργασία αυτών ώστε να προσδιορισθεί η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος και υπολογίστηκαν οι συντελεστές κατανάλωσης καυσίμου λόγω των παραγόντων που αναφέρθηκαν. Τέλος έγινε προσαρμογή των υπολογισμών του βήματος

(1) ώστε να συμπεριληφθεί η πρόσθετη κατανάλωση καυσίμου και να εξαχθούν οι νέες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Πίνακας 5.4: Διορθωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στον ευρωπαϊκό εναέριο χώρο την περίοδο 2004-2006, όπως αυτές προσδιορίστηκαν από τη μεθοδολογία του EUROCONTROL. [38]

Έτος	Εκπομπές CO ₂ (τόνοι)
2004	209.123.585
2005	220.703.342
2006	228.602.103
<i>Μέσος Όρος</i>	<i>219.476.343</i>

5.4 Δικαιώματα προς κατανομή

Στις 7 Μαρτίου 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε ανακοίνωση για τις ιστορικές εκπομπές των αεροπορικών μεταφορών, οι οποίες σύμφωνα με τα παραπάνω, ανέρχονται σε 219.476.343 τόνους CO₂, ως ο μέσος όρος των εκπομπών κατά τα έτη 2004, 2005 και 2006. Ο υπολογισμός των συνολικών δικαιωμάτων προς κατανομή για τις δύο περιόδους εμπορίας δικαιωμάτων (2012 και 2013-2020), βασίζεται στον μέσο όρο των εκπομπών.

Σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία για την ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ, οι ιστορικές εκπομπές θα καθορίσουν τα συνολικά δικαιώματα προς κατανομή στους αερομεταφορείς. Συγκεκριμένα, το 2012 θα κατανεμηθεί το 97% των ιστορικών εκπομπών, ενώ από το 2013 και κάθε χρόνο μέχρι και το 2020 θα κατανέμεται το 95% των ιστορικών εκπομπών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ετήσια δικαιώματα για τις δύο περιόδους.

Πίνακας 5.5: Δικαιώματα προς κατανομή στους αερομεταφορείς το 2012 και την περίοδο 2013-2020. [39]

Έτος	Δικαιώματα (τόνοι CO ₂)
2012	212.892.052
2013 - 2020	208.502.525 (ανά έτος)

5.5 Η πορεία προς την ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Ορισμένες από τις πολιτικές που ήδη εφαρμόζονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τον περιορισμό του αντίκτυπου των αερομεταφορών στο κλίμα, και εξετάσθηκαν περαιτέρω στην ανακοίνωση της 27^{ης} Σεπτεμβρίου 2005, ήταν η εντονότερη ερευνητική προσπάθεια για καθαρότερες εναέριες μεταφορές, η βελτίωση της διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας και η συνεκτικότερη εφαρμογή της φορολόγησης της ενέργειας. Άλλα μέτρα, όπως η φορολόγηση των αεροπορικών εισιτηρίων ή των αναχωρήσεων, θα είχαν αποτελέσματα μόνο μέσω του περιορισμού της ζήτησης και, ως εκ τούτου, δεν θα συνιστούσαν κίνητρο βελτίωσης των περιβαλλοντικών επιδόσεων εκ μέρους

των αερομεταφορέων. Σύμφωνα με την ανακοίνωση, η συνδυασμένη επίδραση των ανωτέρω υφιστάμενων μέτρων δεν είναι αρκετή για να ανατρέψει την αύξηση των εκπομπών των εναέριων μεταφορών. Χρειάζονται ευέλικτα οικονομικά μέτρα, περισσότερο αποδοτικά από πλευράς κόστους τα οποία εφαρμόζουν την αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει” και, επίσης, αξιοποιούν την ποικιλία δυνατών μειώσεων, το κόστος εκάστου των οποίων γνωρίζει καλύτερα η βιομηχανία.

Τα δύο κυριότερα μέτρα που εξετάστηκαν ήταν το εμπόριο δικαιωμάτων και τα τέλη εκπομπών ως περισσότερο ελπιδοφόρων τρόπων αντιμετώπισης του κλιματικού αντίκτυπου των αερομεταφορών. Η διαδικασία της εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών αρχίζει με τον καθορισμό ανώτατου ορίου των συνολικών εκπομπών που προέρχονται από ομάδα φορέων και στη συνέχεια η αγορά καθορίζει το κόστος εκπομπής κάθε τόνου. Αντιθέτως, τα τέλη προσδιορίζουν το κόστος εκπομπής ενός τόνου, πλην όμως, στη συνέχεια, οι ενδιαφερόμενοι φορείς καθορίζουν τον βαθμό απόκρισης υπό μορφή μειώσεως των εκπομπών. Τα δύο αυτά μέτρα διαφέρουν ως προς την περιβαλλοντική αποτελεσματικότητα, την οικονομική απόδοση και τη δυνατότητα ευρύτερης εφαρμογής τους.

Περιβαλλοντική αποτελεσματικότητα και οικονομική απόδοση

Σε περίπτωση που η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών ή τα τέλη εκπομπών εφαρμόζονταν σε μεμονωμένη βάση στον τομέα των αερομεταφορών, τα δύο μέσα θα ήταν, καταρχήν, ισοδύναμα από πλευράς περιβαλλοντικής αποτελεσματικότητας και οικονομικής απόδοσης. Ωστόσο, η εμπορία εκπομπών δεν χρειάζεται να εφαρμοστεί μεμονωμένα στον τομέα των αερομεταφορών. Η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών εφαρμόζεται ήδη ως μέσο αντιμετώπισης της αλλαγής του κλίματος: τα κράτη-μέλη που έχουν επωμιστεί περιορισμούς εκπομπών στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, μπορούν να συναλλάσσονται μεταξύ τους. Σε γενικές γραμμές, όσο ευρύτερη είναι η κάλυψη ενός συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών, τόσο μικρότερο είναι το κόστος επίτευξης των ίδιων επιπέδων μειώσεων των εκπομπών. Ως εκ τούτου, προκειμένου οι αερομεταφορές να επιτύχουν τον ίδιο περιβαλλοντικό στόχο βάσει της εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών και της επιβολής τελών στις εκπομπές, το οικονομικό κόστος για τον κλάδο και για την ΕΕ στο σύνολό της θα ήταν χαμηλότερο εάν αυτό γινόταν στο πλαίσιο του ΣΕΔΕ, παρά στο πλαίσιο συστήματος επιβολής τελών που αφορά μόνο τις αερομεταφορές.

Δυνατότητα ευρύτερης εφαρμογής

Κατά την άποψη της Επιτροπής, τόσο η επιβολή τελών στις εκπομπές, όσο και η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών, είναι μέθοδοι συμβατές με το ισχύον διεθνές νομικό πλαίσιο που διέπει τις αερομεταφορές. Ωστόσο, η ιδέα της επιβολής τελών έχει συναντήσει σημαντικές αντιδράσεις σε διεθνές επίπεδο και ο βαθμός στον οποίο τα τέλη μπορούν να επιβληθούν εκ μέρους των κρατών σε ξένους αερομεταφορείς ήταν το πλέον επίμαχο ζήτημα στην 35η Συνέλευση του ICAO, τον Οκτώβριο του 2004. Αντιθέτως, η ιδέα της εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών, καθώς και της ενσωμάτωσης των εκπομπών από τις διεθνείς αερομεταφορές στα υφιστάμενα συστήματα

εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών των κρατών, έτυχε της ρητής υποστήριξης του ICAO. Η δεύτερη προσέγγιση συνδυάζεται καταλλήλως με την κλιματική πολιτική της ΕΕ, δεδομένου ότι η ενσωμάτωση της εμπορίας εκπομπών συνιστά επίσης έναν βασικό πυλώνα της αρχιτεκτονικής του Πρωτοκόλλου του Κιότο και βασικό στοιχείο της μελλοντικής στρατηγικής της ΕΕ σε ό,τι αφορά την αλλαγή του κλίματος.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατέληξε στο ότι *“...η βέλτιστη προοπτική, από οικονομικής και περιβαλλοντικής πλευράς, έγκειται στην υπαγωγή του κλιματικού αντίκτυπου των αερομεταφορών στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ.”*

5.6 Σχεδιασμός του ΣΕΔΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις αερομεταφορές

Προκειμένου το σύστημα να αποδώσει τα μέγιστα από περιβαλλοντικής και οικονομικής πλευράς, έπρεπε να εξεταστούν λεπτομερώς οι παράμετροι σχεδιασμού του συστήματος. Η εξέταση των παραμέτρων καθώς και οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και άλλες επιπτώσεις της ένταξης των αερομεταφορών στο σύστημα έγινε από την «Αξιολόγηση Επιπτώσεων» της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (SEC, 2006). Κάθε παράμετρος περιέχει διάφορες εναλλακτικές επιλογές, οι οποίες αναλύθηκαν και επιλέχθηκαν οι βέλτιστες από περιβαλλοντική και οικονομική άποψη. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν και οι εναλλακτικές που τελικά επιλέχθηκαν αναλύονται παρακάτω.

Ανοιχτό ή Κλειστό σύστημα

Στην περίπτωση του ανοιχτού συστήματος, οι αερομεταφορές θα ενταχθούν στο ήδη υπάρχον ΣΕΔΕ προκειμένου να επιτευχθεί συνολικά ο στόχος για μείωση των εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά 20% μέχρι το 2012. Στο κλειστό σύστημα, οι αερομεταφορές πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές τους κατά ένα συγκεκριμένο ποσοστό, χωρίς όμως να επιτρέπεται η ανταλλαγή δικαιωμάτων με άλλους τομείς όπως γίνεται στην περίπτωση του ανοιχτού συστήματος. Από την ανάλυση προέκυψε, ότι σε ένα κλειστό σύστημα όπου οι αερομεταφορές ανταλλάσσουν δικαιώματα μόνο μεταξύ τους, προκύπτουν πολύ υψηλές τιμές δικαιωμάτων σε σχέση με ένα ανοιχτό σύστημα, με χρονικό ορίζοντα 20 ετών (κεφάλαιο 6). Επιπλέον, είναι αμφίβολο αν ο τομέας των αερομεταφορών είναι αρκετά μεγάλος ώστε να μπορεί να αποτελέσει μία βιώσιμη αγορά, η οποία απαιτεί έναν αρκετά μεγάλο αριθμό «παικτών» για να διατηρήσει ικανοποιητική ρευστότητα. Δεδομένου ότι, με βάση τα επίπεδα των εκπομπών του 2005, οι αερομεταφορές αποτελούν μόλις το 8% του υπάρχοντος ΣΕΔΕ, είναι καθαρή η προτίμηση για ένα ανοιχτό σύστημα.

Γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής

Η παράμετρος αφορά των τύπο των πτήσεων που θα περιληφθούν στο σύστημα και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητά του διότι όσο πιο ευρύ είναι, τόσο μεγαλύτερο το ποσοστό των εκπομπών που καλύπτεται

και συνεπώς τόσο μεγαλύτερες οι μειώσεις που επιτυγχάνονται. Οι εναλλακτικές δυνατότητες έχουν ως εξής: αποκλειστικά και μόνο πτήσεις στο εσωτερικό της ΕΕ, όλες οι πτήσεις που αναχωρούν από τους αερολιμένες της ΕΕ, όλες οι αφικνούμενες και αναχωρούσες πτήσεις από και προς την ΕΕ. Από περιβαλλοντική σκοπιά, οι μειώσεις των εκπομπών που επιτυγχάνονται είναι μεγαλύτερες στην περίπτωση που περιλαμβάνονται όλες οι αφικνούμενες και αναχωρούσες πτήσεις, γι αυτό και επιλέχτηκε αυτή η εναλλακτική.

Άλλες εκπομπές εκτός του CO₂

Οι επιπτώσεις των αερομεταφορών δεν αφορούν απλώς και μόνο τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, δεδομένου ότι έχουν και ορισμένες έμμεσες. Επιλέχθηκαν δύο εναλλακτικές δυνατότητες για την αντιμετώπιση αυτών των επιπτώσεων: μια απαίτηση να παραδίδει ο κλάδος των αερομεταφορών δικαιώματα εκπομπής που να αντιστοιχούν στις εκπομπές του CO₂, πολλαπλασιασμένες με συντελεστή πρόληψης ώστε να αντισταθμίζονται και οι υπόλοιπες συνέπειές τους, ή να υιοθετηθεί προσέγγιση που να προβλέπει ότι περιλαμβάνονται αποκλειστικά και μόνο οι εκπομπές CO₂, εφαρμόζοντας, εντούτοις, παράλληλα μέσα, όπως είναι η διαμόρφωση των αερολιμενικών επιβαρύνσεων ανάλογα με τα εκπεμπόμενα NO_x. Στην περίπτωση της πρώτης εναλλακτικής, ο συντελεστής που λαμβάνεται είναι ίσος με 2 δεδομένου ότι η κατακράτηση ακτινοβολίας που προκαλείται από τα αεροσκάφη είναι 2 με 4 φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη που προκαλείται λόγω των επιπλέον ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων λόγω των ιστορικών εκπομπών των αεροσκαφών. Ο σκοπός του συντελεστή είναι, εκτός από το να ληφθούν υπόψη και οι συνέπειες των εκπομπών NO_x, να δοθούν κίνητρα στους αερομεταφορείς να μειώσουν τις εκπομπές τους αντί να αγοράσουν δικαιώματα. Αυτό καθίσταται και πιο αντιοικονομικό αφού θα πρέπει να αγοράζουν δύο δικαιώματα για κάθε τόνο εκπομπών και να επωμίζονται μεγαλύτερο κόστος. Σύμφωνα με την ανάλυση, το κόστος αυτό σχεδόν θα διπλασιαστεί, όπως και οι μειώσεις των εκπομπών. Έτσι, επιλέχθηκε να συμπεριληφθούν μόνο οι εκπομπές CO₂ στο ΣΕΔΕ ενώ η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε μελέτη το Μάρτιο του 2009 σχετικά με τον περιορισμό του αντίκτυπου των εκπομπών NO_x από τις αερομεταφορές στο περιβάλλον (Delft, 2009).

Η συνολική ποσότητα των δικαιωμάτων εκπομπής

Η ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ σημαίνει ότι στο συγκεκριμένο τομέα θα εκχωρηθεί αρχική ποσότητα δικαιωμάτων εκπομπής, η οποία θα μπορούσε εν συνεχεία να αυξηθεί με αγορές μέσω της αντίστοιχης αγοράς. Στο πλαίσιο του υφιστάμενου ΣΕΔΕ, τα ανώτατα όρια εκπομπής για τις περιόδους 2005-2007 και 2008-2012 θα έχουν ως αποτέλεσμα αρχικά τη σταθεροποίηση και εν συνεχεία τη μείωση των εκπομπών, ως προς τα επίπεδα του 1990. Ωστόσο, σύμφωνα με στοιχεία του UNFCC οι εκπομπές από τις παγκόσμιες αερομεταφορές αυξήθηκαν κατά 87% την περίοδο 1990-2004 και στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατά 4,2% την περίοδο 2004-2005 (EUROCONTROL). Συνεπώς, η σταθεροποίηση των εκπομπών από τις αερομεταφορές στα επίπεδα του 1990 θα ήταν και δύσκολο αλλά και μη ρεαλιστικό σενάριο. Κατά συνέπεια, η ανάλυση θεωρεί ότι το ανώτατο όριο θα

πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα τη σταθεροποίηση των εκπομπών των αερομεταφορών σε επίπεδα για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμα πρόσφατα στοιχεία, δηλαδή τα επίπεδα του 2005. Για την αποφυγή οποιωνδήποτε αβεβαιοτήτων, οι εκπομπές του 2005 λαμβάνονται ως ο μέσος όρος των εκπέμπω των ετών 2004, 2005 και 2006.

Η εκχώρηση των δικαιωμάτων εκπομπής

Η εκχώρηση των δικαιωμάτων εκπομπής θέτει δύο ερωτήματα: κατά πόσο πρέπει να χορηγούνται δωρεάν τα δικαιώματα εκπομπής και πώς κατανέμονται τα δικαιώματα εκπομπής που χορηγούνται δωρεάν. Οι εναλλακτικές που εξετάστηκαν ήταν:

1. Καμία εκχώρηση δικαιωμάτων (*no allocation*): οι φορείς θα πρέπει να αγοράζουν τα δικαιώματα στην αγορά.
2. Εκχώρηση δικαιωμάτων με δημοπράτηση (*auctioning*): θα αποδίδονται δικαιώματα στις αερομεταφορές αλλά μόνο με πληρωμή.
3. Εκχώρηση δικαιωμάτων βασιζόμενη σε ιστορικά στοιχεία εκπομπών (*grandfathering*): τα δικαιώματα εκχωρούνται δωρεάν βάσει των εκπομπών των φορέων, όπως γίνεται και στο υπάρχον σύστημα.
4. Εκχώρηση δικαιωμάτων βάσει της αξιολόγησης των επιδόσεων (*benchmarking*): η εκχώρηση γίνεται δωρεάν συναρτήσει μιας παραμέτρου που να αξιολογεί την αποτελεσματικότητα.

Η πρώτη επιλογή απορρίφθηκε διότι ο τομέας των αερομεταφορών θα αντιμετωπιζόταν διαφορετικά σε σχέση με τους υπόλοιπους τομείς που περιλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ. Επιπλέον, θα χρειαζόταν να αγοράσει δικαιώματα από τους υπόλοιπους τομείς για να καλύψει τις εκπομπές του, χωρίς όμως να συνεισφέρει δικαιώματα με αποτελέσματα να ασκείται πίεση στους υπόλοιπους τομείς. Η χορήγηση δωρεάν δικαιωμάτων εκπομπής βάσει των ιστορικών εκπομπών έχει ουσιαστικά ως αποτέλεσμα να επιβραβεύονται οι ρυπαίνοντες, αποβαίνει εις βάρος της ανάληψης έγκαιρης δράσης, μπορεί να αποθαρρύνει τη λήψη μέτρων για τη μείωση των εκπομπών και είναι οικονομικά λιγότερο αποδοτική. Ο κύριος λόγος που η κατανομή δικαιωμάτων γίνεται βάσει των ιστορικών εκπομπών στο υπάρχον ΣΕΔΕ είναι η έλλειψη των εκτενών δεδομένων που απαιτούνται για την κατανομή των δικαιωμάτων βάσει της αξιολόγησης των επιδόσεων, σε αντίθεση με τις αερομεταφορές για τις οποίες τα απαιτούμενα δεδομένα είναι λιγότερα. Συνεπώς, η ανάλυση επικεντρώθηκε στην επιλογή της εκχώρησης δικαιωμάτων με δημοπράτηση και αυτήν της εκχώρησης δικαιωμάτων βάσει της αξιολόγησης επιδόσεων.

Βάσει των αποτελεσμάτων, προέκυψε ότι το ΣΕΔΕ είναι πιο αποτελεσματικό στην περίπτωση που υπάρξει συνδυασμός των δυο παραπάνω επιλογών, δηλαδή το μεγαλύτερο μέρος των δικαιωμάτων να εκχωρούνται δωρεάν και ένα ποσοστό με δημοπράτηση. Η δωρεάν εκχώρηση θα γίνεται βάσει μιας παραμέτρου που να αξιολογεί την αποτελεσματικότητα των αερομεταφορέων, ενώ πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιβραβεύονται οι αερομεταφορείς που είναι περισσότερο φιλικοί προς το περιβάλλον. Έτσι, επιλέχθηκε ως παράμετρος οι εκπομπές CO₂ ανά τονοχιλιόμετρο για τον τομέα των αερομεταφορών. Το γινόμενο της παραμέτρου επί τον αριθμό των

τονοχιλιόμετρων ενός αερομεταφορέα ισούται με τον αριθμό των δωρεάν δικαιωμάτων που θα λάβει. Συνεπώς, δύο αερομεταφορείς με την ίδια δραστηριότητα θα λάβουν τον ίδιο αριθμό δικαιωμάτων, όμως εκείνος με τις λιγότερες εκπομπές θα έχει λάβει περισσότερα δικαιώματα από αυτά που χρειάζεται οπότε θα μπορεί να έχει κέρδος από την πώληση των επιπλέον δικαιωμάτων.

Πιστωτικά μόρια έργων

Οι αερομεταφορές θα πρέπει να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν πιστωτικά μόρια έργων (CERs και ERUs) τα οποία προέρχονται από τους ευέλικτους μηχανισμούς του πρωτοκόλλου του Κιότο, ώστε να εξασφαλιστεί η συμμόρφωση προς αυτό, αλλά να είναι σύμφωνα με τις τρέχουσες πρακτικές του ΣΕΔΕ. Για να αποφευχθούν τυχόν διακρίσεις μεταξύ των φορέων εκμετάλλευσης των αεροσκαφών, επιβάλλεται να θεσπιστεί εναρμονισμένη προσέγγιση. Η ανάλυση εξετάζει δύο εναλλακτικές λύσεις: τη χρήση πιστωτικών μορίων μέχρις ορίου ισοδυνάμου προς το μέσο όριο που επιβάλλεται από τα κράτη μέλη βάσει του ΣΕΔΕ ή την απεριόριστη πρόσβαση. Στη δεύτερη περίπτωση, θα επιτευχθούν μικρότερες μειώσεις εκπομπών σε σχέση με την πρώτη, διότι η απεριόριστη πρόσβαση σημαίνει ότι θα μειωθούν οι τιμές των δικαιωμάτων στην αγορά, αφού λιγότεροι θα ανταλλάσσουν, οπότε θα είναι πιο οικονομικό για τους αερομεταφορείς να αγοράσουν επιπλέον δικαιώματα από το να λάβουν μέτρα για μείωση των εκπομπών. Γι' αυτό το λόγο, προτιμήθηκε να υπάρξει περιορισμένη πρόσβαση στα πιστωτικά μόρια έργων, όπως γίνεται και στο υπάρχον σύστημα.

Εμπλεκόμενοι φορείς

Είναι θεμελιώδους σημασίας να ταυτίζεται ο φορέας που αναλαμβάνει την ευθύνη για τις κλιματικές επιπτώσεις των με αυτόν που έχει τον αμεσότερο δυνατό έλεγχο στον τύπο αεροσκάφους που εκτελεί μια διαδρομή και στον τρόπο πτήσεώς του. Οι φορείς που εξετάστηκαν ως οι πιθανοί για την εκχώρηση των δικαιωμάτων ήταν οι αερολιμένες, οι προμηθευτές καυσίμων και οι φορείς εκμετάλλευσης των αεροσκαφών .

Αερολιμένες

Σε περίπτωση που ο εμπλεκόμενος φορέας είναι ο αερολιμένας, αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να παραδίδει δικαιώματα για τις πτήσεις από και προς αυτόν. Η επιλογή αυτή θα πλεονεκτούσε στο ότι το αεροδρόμιο αποτελεί «σημείο συσσώρευσης» των εκπομπών. Ωστόσο, ενώ οι φορείς διαχείρισης των αερολιμένων μπορούν να πάρουν κάποιες αποφάσεις για τη μείωση των εκπομπών, δεν μπορούν να επηρεάσουν άμεσα τις αποφάσεις σχετικά με τη λειτουργία και το χειρισμό των αεροσκαφών οπότε δεν μπορούν να επηρεάσουν τις εκπομπές των αεροσκαφών σε μεγάλο βαθμό. Επιπλέον, θα έπρεπε και οι φορείς διαχείρισης των αεροσκαφών να παρακολουθούν τις εκπομπές και να συμμετέχουν και εκείνοι στο σύστημα χωρίς όμως να είναι υποχρεωμένοι.

Προμηθευτές καυσίμων

Το κύριο πλεονέκτημα της επιλογής των προμηθευτών καυσίμων είναι ο σχετικά μικρός αριθμός τους στην αγορά, σε σχέση με τους αερομεταφορείς, και επομένως θα είναι πιο εύκολη η παρακολούθησή τους. Ωστόσο, η αγορά επιπλέον δικαιωμάτων θα οδηγούσε σε αύξηση των τιμών των καυσίμων και συνεπώς σε αύξηση των τιμών των εισιτηρίων άρα και σε πιθανή μείωση της ζήτησης για αερομεταφορές.

Συνεπώς, οι αερομεταφορείς πρέπει να είναι οι υπεύθυνοι φορείς στο πλαίσιο του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ, αφού οι παραπάνω επιλογές απορρίφθηκαν για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΑΙ
ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΟΡΕΣ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Οι περισσότερες επιστημονικές μελέτες που συντάχθηκαν σχετικά με την ένταξη των ευρωπαϊκών αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ και τις επιπτώσεις του στις αεροπορικές εταιρείες και τους επιβάτες, έγιναν πολύ πριν την ανακοίνωση της σχετικής οδηγίας το Νοέμβριο του 2008, ή ακόμα και πριν από την αρχική πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής το 2006. Γι' αυτό και η ανάλυση των επιπτώσεων βασίστηκε σε υποθέσεις σχετικά με τις παραμέτρους του συστήματος, όπως για παράδειγμα το ποσοστό των δημοπρατούμενων δικαιωμάτων, ή την περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, που διαφέρουν από την τελική οδηγία.

Πίνακας 6.1: Οι κυριότερες μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις από την ένταξη των αερομεταφορών στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ στις αεροπορικές εταιρείες. [40]

Μελέτη	Περίοδος εμπορίας δικαιωμάτων	Τιμή Δικαιώματος	Εκτιμώμενος ρυθμός αύξησης εκπομπών CO ₂ (business as usual)	Ποσοστό μετακύλησης κόστους	Ετήσια αύξηση αποδοτικότητας καυσίμων	Ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την τιμή
Boon et al. (2007)	2012-2020	€15 - €45	4%	47,3% - 100%	1%	ασαφές
Ernst and Young (2007)	2011-2020	€6 , €15 , €30 , €60	4%	29%- 35%	1%	-
Frontier Economics (2006)	2030	€27 , €40	3,5% - 5%	ασαφές αλλά όχι 100%	1%	-
ICF (2006)	2008-2012	€5 , €11 , €21	4%	δεν αναφέρεται	1%	-
Mendes and Santos (2008)	2013-2017	€7 , €15 , €30	4%	100%	-	-
Morell (2007)	2005-2006	€ 28	4% - 30% (ανάλογα με την αεροπορική εταιρεία)	0% για δωρεάν κατανομή δικαιωμάτων, 100% για δημοπρατούμενα δικαιώματα	-	-
Scheelhaase and Grimme (2007)	2008-2012	€15 , €20 , €30	0,5% - 4% (ανάλογα με την αεροπορική εταιρεία)	0% για δωρεάν κατανομή δικαιωμάτων, 100% για δημοπρατούμενα δικαιώματα	1% - 1,5%	-
SEC (2006)	2010-2030	€6 - €30	2% και 4%	100% για δωρεάν κατανομή δικαιωμάτων	1%	-
Wit et al. (2005)	2012	€10 , €30	4%	0% ή 100% για δωρεάν κατανομή δικαιωμάτων, 100% για δημοπρατούμενα δικαιώματα	1%	-
Vespermann and Wald (2010)	2012-2020	€25	ασαφές	100%	1%	-0,8

Για την εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων στις εταιρείες και του επιβάτες, όλες οι μελέτες υποθέτουν ότι το κόστος των δικαιωμάτων (ή ευκαιριακό κόστος στην περίπτωση δωρεάν κατανομής) μετακυλίνεται κατά ένα ποσοστό στους επιβάτες, οδηγώντας σε αύξηση της τιμής των αεροπορικών εισιτηρίων. Ο υπολογισμός της αύξησης βασίστηκε στην κατανάλωση καυσίμου (Fuel Use, FU) ανάλογα με τον τύπο του αεροσκάφους και την διανυόμενη απόσταση, και σε υποθέσεις σχετικά με την πληρότητα των πτήσεων (Load Factor, LF) και το ποσοστό μετακύλησης (Cost Pass-Through Rate, CF). Η μεταβολή της τιμής ενός αεροπορικού εισιτηρίου λόγω της απόκτησης ενός δικαιώματος εκπομπής είναι (Sceelhaase and Grimme, 2007; Morrell, 2007):

$$\Delta p_{i,j} = \frac{FU_{i,j} * c * p_a}{LF_{i,j}} * CF$$

όπου $\Delta p_{i,j}$ είναι η μεταβολή της τιμής του εισιτηρίου για τύπο αεροσκάφους i και απόσταση πτήσης j , FU είναι η κατανάλωση καυσίμου για τύπο αεροσκάφους i και απόσταση πτήσης j , c είναι οι εκπομπές CO_2 ανά kg καυσίμου, p_a η τιμή του δικαιώματος ανά kg CO_2 , CF το κόστος μετακύλησης από 0 έως 1 (όπου 0 αναφέρεται σε ποσοστό μετακύλησης 0% και 1 σε ποσοστό 100%), και LF ο συντελεστής πληρότητας για τύπο αεροσκάφους i και απόσταση πτήσης j .

Το ποσοστό μετακύλησης του κόστους στους επιβάτες αποτελεί μία σημαντική υπόθεση αφού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αύξηση στις τιμές των εισιτηρίων. Οι περισσότερες μελέτες υπέθεσαν ότι το κόστος των δικαιωμάτων (ή ευκαιριακό κόστος σε περίπτωση δωρεάν απόκτησης δικαιωμάτων) θα μετακυληθεί σε ποσοστό 100% στους επιβάτες ($CF=1$) συμβάλλοντας στην αύξηση της τιμής των εισιτηρίων (SEC, 2006; Frontier Economics, 2006; Boon et al., 2007). Η μελέτη που συντάχθηκε από τους Ernst and Young (2007) υποθέτει ποσοστό μετακύλησης 29% - 35% ενώ το υπόλοιπο ποσοστό θα πρέπει να απορροφηθεί από τους αερομεταφορείς. Σύμφωνα με τους Ernst and Young, η πλήρης μετακύληση του κόστους των δικαιωμάτων στους επιβάτες (100%) μπορεί να γίνει μόνο σε συνθήκες τέλει ανταγωνισμού. Τέλειος ανταγωνισμός υφίσταται όταν μία αγορά αποτελείται από σχετικά μεγάλο αριθμό επιχειρήσεων, τέτοιον ώστε ο καταναλωτής να έχει αναρίθμητες εναλλακτικές επιλογές και έτσι η τιμή του προϊόντος δεν μεταβάλλεται. Αυτό δεν ισχύει για το τομέα των αερομεταφορών, αφού υπάρχουν λίγες εταιρείες παροχής μεταφορικού έργου με διακύμανση στην τιμή των εισιτηρίων. Επιπλέον, σύμφωνα με την οικονομική θεωρία το μετακυλιόμενο κόστος μειώνεται όσο μειώνεται ο αριθμός των ανταγωνιστών που απαιτούνται προκειμένου να υπάρξει τέλει ανταγωνισμός. Βασιζόμενοι στα παραπάνω, οι Ernst and Young υποθέτουν ποσοστό μετακύλησης 35% το 2012, και 29% το 2022 δεδομένου ότι θα μειωθεί ο ανταγωνισμός.

Η αύξηση της τιμής των εισιτηρίων αναμένεται να προκαλέσει και μείωση στη ζήτηση για τις αερομεταφορές. Μία εξίσου σημαντική παράμετρος με το ποσοστό μετακύλησης, είναι η ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την τιμή (Price Elasticity of Demand) η οποία απεικονίζει τη μεταβολή της ζήτησης σε μια αλλαγή της αξίας της και ισούται με το πηλίκο της ποσοστιαίας μεταβολής της ζήτησης (επιβάτες) προς την ποσοστιαία μεταβολή της τιμής. Γενικά, αν η απόλυτη τιμή της ελαστικότητας είναι κάτω από 1 τότε η ζήτηση θεωρείται

«ανελαστική» ως προς την τιμή, δηλαδή δε μεταβάλλεται σημαντικά με τη μεταβολή της τιμής, ενώ μηδενική τιμή σημαίνει ότι η ζήτηση είναι «τέλεια ανελαστική», δηλαδή δε μεταβάλλεται με τη μεταβολή της τιμής. Οι παροχές μεταφορικού έργου μπορούν να χρησιμοποιούν εκτιμήσεις της ελαστικότητας της ζήτησης ως προς την τιμή για να προβλέψουν την επιπτώση μιας αλλαγής της αξίας μετακίνησης στον αριθμό των επιβατών που θα μετακινηθούν. Ο τομέας των αερομεταφορών παρέχει μεταφορικές υπηρεσίες για τη μετακίνηση αγαθών και ανθρώπων από ένα μέρος σε ένα άλλο, ενώ ο σκοπός της μετακίνησης βρίσκεται στο σημείο προορισμού. Επομένως η ζήτηση για αερομεταφορές είναι «προκύπτουσα ζήτηση», εξαρτάται δηλαδή από τη ζήτηση (και από την ελαστικότητα αυτής της ζήτησης ως προς την τιμή) αγαθών ή υπηρεσιών που βρίσκονται στο τέλος της διαδρομής. Το γεγονός αυτό καθιστά δύσκολη την εκτίμηση της ελαστικότητας που αφορά τις αεροπορικές υπηρεσίες και αυτό φαίνεται από το μεγάλο εύρος των εκτιμήσεων που περιέχονται στις μελέτες, από 0 έως -3,2 (Gillen et al., 2007; Brons et al., 2002; Intervistas, 2007). Επιπλέον, οι τιμές αυτές διαφέρουν από διαδρομή σε διαδρομή και ανά αεροπορική εταιρεία και αναμένεται να διαφοροποιηθούν μελλοντικά όσο αναπτύσσεται και απελευθερώνεται ο τομέας των αερομεταφορών.

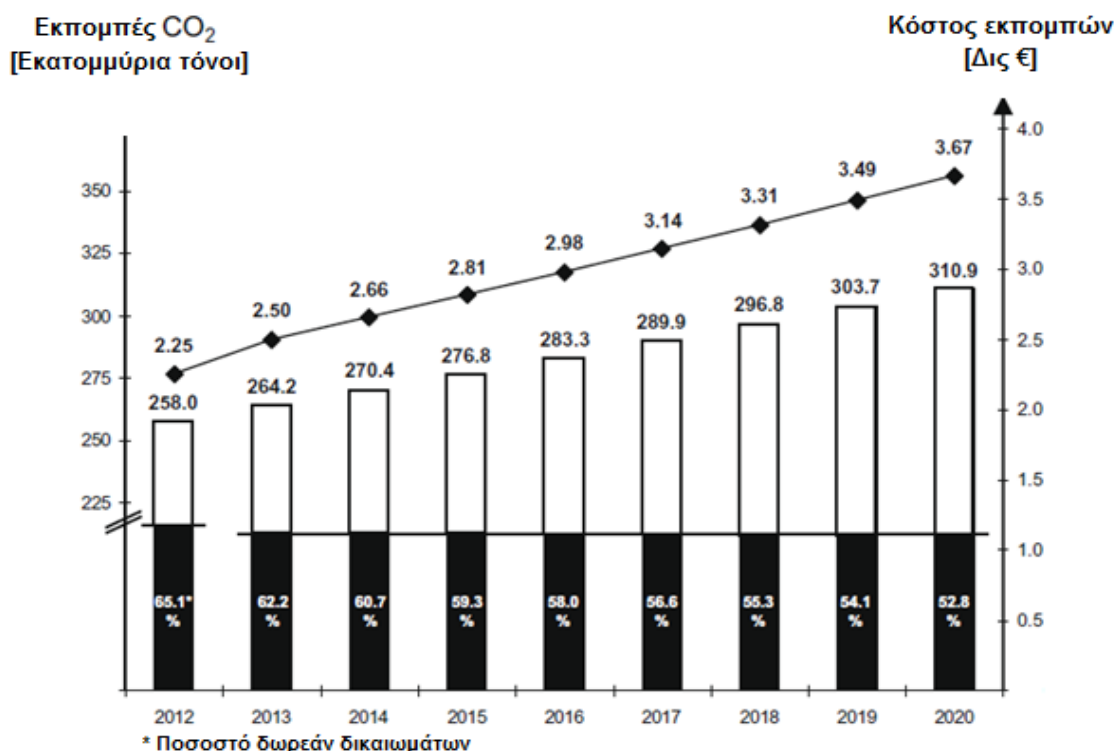
Η μεθοδολογία που επιλέχθηκε για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων διέφερε από μελέτη σε μελέτη. Ορισμένες μελέτες (Ernst and Young, 2007; Frontier Economics, 2006) χρησιμοποίησαν λογιστικά φύλλα, ενώ κάποιες άλλες (Boon et al., 2007; SEC, 2006; Wit et al., 2005) μοντέλα όπως το AERO-MS (Aviation Emissions and Evaluation of Reduction Options Modeling System) το οποίο προβλέπει τις οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις του τομέα των αερομεταφορών, υπό την επίδραση περιορισμών, όπως είναι σε αυτή την περίπτωση το ΣΕΔΕ. Οι μεθοδολογίες διαφέρουν σε σχεδιασμό και σε θεωρητικό υπόβαθρο και γι' αυτό το λόγο τα αποτελέσματά τους δεν είναι εξ' ολοκλήρου συγκρίσιμα.

6.1 Επιπτώσεις στις αεροπορικές εταιρείες

6.1.1 Κόστος απόκτησης δικαιωμάτων

Από το 2012 και μετά, οι αεροπορικές εταιρείες θα πρέπει να αποκτούν δικαιώματα για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Παρόλο που το 97% των δικαιωμάτων θα κατανέμονται δωρεάν το 2012 και το 95% την περίοδο 2013-2020, ο τομέας των αερομεταφορών θα χρειαστεί να αγοράσει δικαιώματα για να καλύψει τις επιπλέον εκπομπές. Αυτό μεταφράζεται σε επιπλέον κόστος για τις αεροπορικές εταιρείες. Η μελέτη των Vespermann and Wald (2010), δημιούργησε ένα μοντέλο προσομοίωσης για τον προσδιορισμό τόσο των οικονομικών όσο και των οικολογικών επιπτώσεων από την εφαρμογή του ΣΕΔΕ. Στο μοντέλο αυτό εισήχθησαν ορισμένες μεταβλητές όπως η τιμή των δικαιωμάτων η οποία λήφθηκε 25€/tCO₂, η ετήσια αύξηση της αποδοτικότητας των καυσίμων ίση με 1%, η ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την τιμή ίση με -0,8 και η συνολική αεροπορική δραστηριότητα εκφρασμένη σε τονοχιλιόμετρα, από επίσημα στοιχεία των αεροπορικών εταιρειών ή του ICAO. Με βάση αυτά τα στοιχεία εκτιμήθηκαν τα απαιτούμενα δικαιώματα για το 2012, ο συντελεστής σύγκρισης b (ίσος με 0,68 kgCO₂/RTK) και με βάση αυτόν τα δωρεάν δικαιώματα για κάθε εταιρεία.

Σύμφωνα, με τη μελέτη το συνολικό κόστος θα αυξηθεί από τα €2,25 δισεκατομμύρια το 2012 στα €3,67 δισεκατομμύρια το 2020. Για την περίοδο 2012-2020 το μέσο κόστος είναι €2,98 δισεκατομμύρια. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι συνολικές προβλεπόμενες εκπομπές για τον τομέα των αερομεταφορών την περίοδο 2012-2020 καθώς και το συνολικό κόστος, θεωρώντας πλήρης μετακύληση του κόστους των δικαιωμάτων στους επιβάτες και για τιμή δικαιώματος 25€/tCO₂. Οι μαύρες ράβδοι αντιπροσωπεύουν τον αριθμό των δωρεάν δικαιωμάτων (σε εκατομμύρια τόνους CO₂), ο οποίος μειώνεται από το 2013, και η καμπύλη το εκτιμώμενο κόστος (σε δισεκατομμύρια ευρώ).



Σχήμα 6.1: Προβλεπόμενες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (σε εκατομμύρια τόνους) από τις αερομεταφορές εντός της Ευρώπης και εκτιμώμενο κόστος απόκτησης δικαιωμάτων (σε δις €) βάσει της μελέτης των Vespermann and Wald (2010). [41]

Είναι εμφανές ότι ο τομέας των αερομεταφορών θα είναι αγοραστής δικαιωμάτων από άλλους τομείς. Επιπλέον, αφού ο αριθμός των δωρεάν δικαιωμάτων είναι σταθερός μετά το 2013 και δεδομένου ότι θα υπάρξει αύξηση των συνολικών εκπομπών CO₂, το ποσοστό των δωρεάν δικαιωμάτων μειώνεται συνεχώς για να φτάσει το 52,8% το 2020. Αυτός είναι και ο λόγος για τη συνεχή αύξηση του κόστους που θα υποστούν οι αεροπορικές εταιρείες.

Το 2009 τα συνολικά λειτουργικά έξοδα των διεθνών αερομεταφορών ανήλθαν στα €360 δισεκατομμύρια (IATA, 2008). Υποθέτοντας ότι το 50% αυτών των εξόδων αφορά τους αερομεταφορείς που καλύπτονται από το ΣΕΔΕ, αυτοί θα αυξήσουν τα λειτουργικά τους έξοδα κατά 1,25% λόγω του ΣΕΔΕ. Συγκεκριμένα, για το έτος 2012 και για τους μεγαλύτερους ευρωπαϊκούς αερομεταφορείς, οι Vespermann and Wald εκτιμούν επιπλέον κόστος 0,92% για την Air France/KLM, 0,82% για τη Lufthansa German Airlines και 2,1% για την British Airways. Τα ποσοστά αυτά δεν είναι μεγάλα,

αλλά όσο μειώνεται το ποσοστό των δωρεάν δικαιωμάτων είναι πιθανό το κόστος να αυξηθεί. Αυτό θα επιβαρυνθεί αν αλλάξουν οι παράμετροι σχεδιασμού του ΣΕΔΕ, δηλαδή αν αυξηθεί το ποσοστό των δημοπρατούμενων δικαιωμάτων ή διευρυνθεί το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής.

6.1.2 Επιπτώσεις στη ζήτηση για αερομεταφορές

Η επιβολή επιπλέον κόστους στους αερομεταφορείς είναι πιθανόν να προκαλέσει μείωση των κερδών τους και επομένως να τους παρακινήσει να λάβουν περισσότερα μέτρα για την μείωση των εκπομπών τους. Τα κέρδη συνδέονται άμεσα με το ποσοστό μετακύλησης του κόστους των δικαιωμάτων στους επιβάτες. Με τη σειρά της, η αύξηση του κόστους των αεροπορικών εισιτηρίων μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ζήτησης για αερομεταφορές και επομένως σε μείωση των εκπομπών. Αυτό όμως μπορεί να συμβεί μόνο σε περίπτωση που η μείωση της ζήτησης είναι αρκετά μεγάλη ώστε να μειωθεί ο αριθμός των πτήσεων και όχι απλά ο συντελεστής πληρότητας των πτήσεων. Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται εκτιμήσεις της αύξησης τιμής των αεροπορικών εισιτηρίων, ανάλογα με την τιμή των δικαιωμάτων και την απόσταση της πτήσης, όπως αυτές υπολογίστηκαν από τρεις μελέτες ανάλυσης επιπτώσεων (SEC, 2006; Ernst and Young, 2007; Boon et al., 2007).

Πίνακας 6.2: Εκτιμώμενη αύξηση της τιμής των εισιτηρίων (€) λόγω της ένταξης των αερομεταφορών στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ. [40]

Απόσταση	Εύρος τιμής εισιτηρίου με επιστροφή (€)	Αύξηση τιμής εισιτηρίου με επιστροφή (€)		
		SEC (τιμή δικαιώματος €6 έως €30)	Ernst and Young (τιμή δικαιώματος €6 έως €60)	Boon et al. (τιμή δικαιώματος από €15 με δωρεάν κατανομή μέχρι €45 και 100% δημοπράτηση)
Μικρή	50-280	0,9-4,6	0,1-1,36	1,1-6,9
Μεσαία	94-594	1,8-9,0	0,14-2,10	2,1-13,5
Μεγάλη	632-2994	7,9-39,6	1,04-10,32	9,4-59,4

Από την έναρξη του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων το 2005, η τιμή των δικαιωμάτων έχει κυμανθεί από €0 μέχρι €30. Από τον Απρίλιο του 2009, υπάρχει μια σταθεροποίηση των τιμών στα €15 (Point Carbon, 2009), οπότε οι υψηλότερες εκτιμήσεις της αύξησης των τιμών των εισιτηρίων που έχουν γίνει στα πλαίσια των μελετών αποτελούν απίθανο σενάριο.

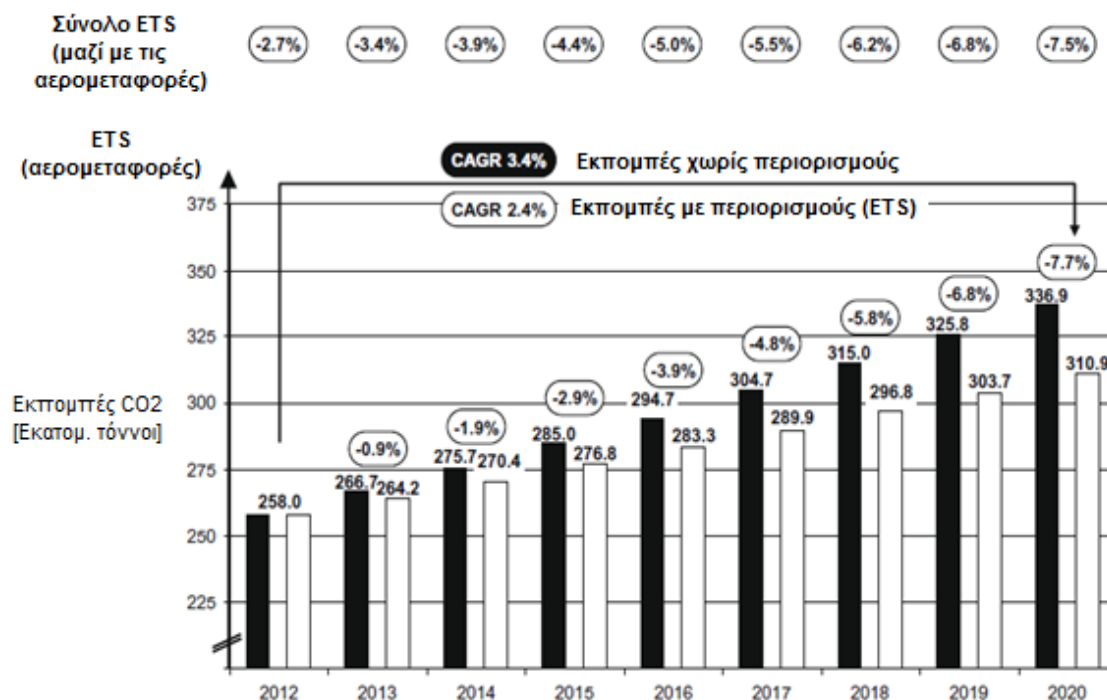
Η σχετικά μικρή μεταβολή της τιμής των αεροπορικών εισιτηρίων, οδηγεί μέσω της μεταβολής της ζήτησης, σε μικρή μείωση των τονοχλιομέτρων. Η μελέτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (SEC, 2006) καταλήγει στο ότι μετακυλώντας πλήρως το κόστος των δικαιωμάτων στους επιβάτες, θα υπάρξει μείωση των

τονοχιλιόμετρων κατά 3,8% μεταξύ 2005 και 2020, υποθέτοντας τιμή δικαιώματος 30€/tCO₂ και χαμηλή ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την τιμή. Επιπλέον, η μελέτη εκτιμά ότι η αύξηση των τονοχιλιόμετρων χωρίς την εφαρμογή μέτρων μείωσης των εκπομπών (business as usual) θα είναι 142% μεταξύ 2005 και 2020, ενώ με την ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ θα μειωθεί στο 138%. Η μελέτη των Boon et al. (2007) εκτιμά μείωση των τονοχιλιόμετρων για τους ευρωπαϊκούς αερομεταφορείς από 0,5% υποθέτοντας 15€/tCO₂ μέχρι 3,3% για τιμή δικαιώματος 45€/tCO₂ και δημοπράτηση του 100% των δικαιωμάτων. Για τους μη ευρωπαϊκούς αερομεταφορείς η μείωση εκτιμάται στο 0,1% και 0,9% αντίστοιχα. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ δεν θα έχει σημαντική επίπτωση στη ζήτηση.

6.1.3 Επιπτώσεις στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Ο τομέας των αερομεταφορών μπορεί να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μειώνοντας τα διανυόμενα χιλιόμετρα, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα των καυσίμων (π.χ. λιγότερο καύσιμο ανά χιλιόμετρο) ή χρησιμοποιώντας πιο αποδοτικά αεροσκάφη. Παρόλο που η σύγχρονη τεχνολογία των αερομεταφορών είναι αρκετά προηγμένη, οι περισσότερες μελέτες υποθέτουν ότι η μείωση των εκπομπών CO₂ ανά τονοχιλιόμετρο λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων, δεν θα ξεπεράσει το 1% με 1,5% ετησίως, ανεξάρτητα από την εφαρμογή του ΣΕΔΕ (Sceelhaase and Grimme, 2007; SEC, 2006; Frontier Economics 2006; Wit et al., 2005; Boon et al., 2007). Ακόμα και αν επιτευχθούν σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις στο μέλλον (π.χ. βιοκαύσιμα), τα αεροσκάφη που θα αποκτηθούν από τις ευρωπαϊκές εταιρείες πριν από το 2020 δεν αναμένεται να παρουσιάσουν σημαντικές αλλαγές. Με βάση τα παραπάνω, προβλέπεται ότι οι εκπομπές CO₂ λόγω των πτήσεων εντός Ευρώπης σχεδόν θα διπλασιαστούν την περίοδο 2005-2020.

Η μείωση των εκπομπών CO₂ λόγω της εφαρμογής του ΣΕΔΕ μπορεί να είναι σημαντική μόνο αν η μείωση στη ζήτηση είναι τόσο μεγάλη ώστε να μειωθεί ο αριθμός των πτήσεων και όχι απλά ο συντελεστής πληρότητας αυτών. Σύμφωνα με την ανάλυση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, αναμένεται πολύ μικρή μείωση των εκπομπών CO₂ βραχυπρόθεσμα. Συγκεκριμένα, υποθέτοντας τιμή δικαιώματος 15€/tCO₂ εκτιμάται ότι οι εκπομπές θα μειωθούν κατά 2,4% μέχρι το 2015 και κατά 3,1% μέχρι το 2020. Η ανάλυση των Vespermann and Wald (2010) δείχνει ότι για τιμή δικαιώματος 25€/tCO₂, τα ποσοστά θα είναι 4,4% και 7,5% αντίστοιχα. Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τις αναμενόμενες εκπομπές CO₂ (σε εκατομμύρια τόνους) για την περίοδο 2012-2020, για την περίπτωση business as usual (μαύρη ράβδος) και την περίπτωση εφαρμογής του ΣΕΔΕ (άσπρη ράβδος) για τιμή δικαιώματος 25€/tCO₂. Σύμφωνα με το πρώτο σενάριο, ο ρυθμός αύξησης των εκπομπών είναι 3,4% και με το δεύτερο 2,4% (Vespermann and Wald, 2010).



Σχήμα 6.2: Εκτιμώμενες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις αερομεταφορές με και χωρίς την εφαρμογή του ΣΕΔΕ βάσει της μελέτης των Vespermann and Wald (2010). [41]

Γενικότερα, παρατηρείται ότι όσο αυξάνονται οι τιμές των δικαιωμάτων τόσο μεγαλύτερες μειώσεις επιτυγχάνονται αφού οι αεροπορικές εταιρείες αποφεύγουν να αγοράσουν δικαιώματα και λαμβάνουν μέτρα για τη μείωση των εκπομπών τους. Επιπλέον το μετακυλιόμενο κόστος στους επιβάτες είναι μεγαλύτερο και οδηγεί σε χαμηλότερη ζήτηση άρα και λιγότερες εκπομπές.

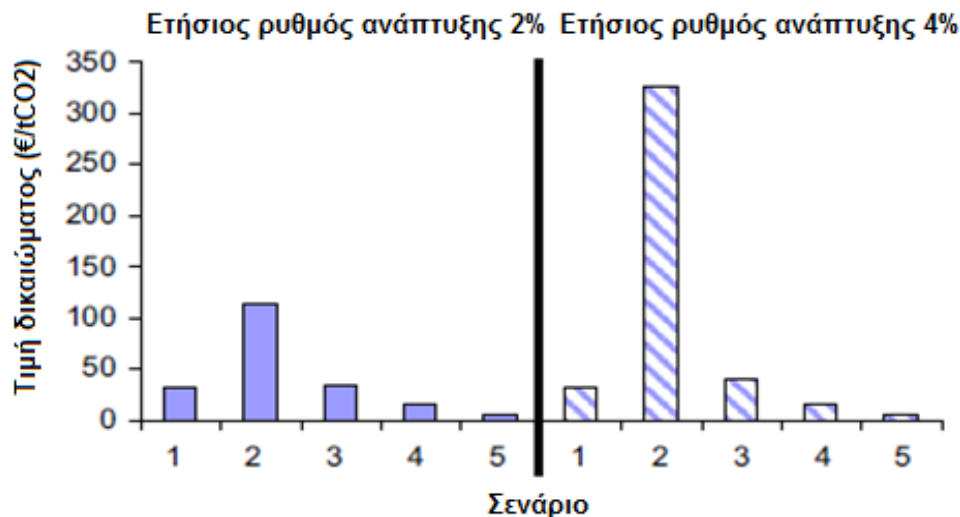
6.1.4 Επιπτώσεις στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ

Η ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ δεν προβλέπεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στο ήδη υπάρχον σύστημα, το οποίο καλύπτει τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής και λειτουργεί ήδη από το 2005 (ICF, 2006; Wit et al., 2005; SEC, 2006). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι μέσες εκπομπές ρύπων από τον τομέα των αερομεταφορών αποτελούν το 3% (2004) των συνολικών εκπομπών CO₂. Συνεπώς, τα συνολικά δικαιώματα που θα κατανεμηθούν στις αερομεταφορές, είναι σχετικά λίγα σε σχέση με τους υπόλοιπους τομείς που καλύπτει το ΣΕΔΕ και συγκεκριμένα θα είναι περίπου ίσα με το 8% των συνολικών κατανεμημένων δικαιωμάτων που κατανεμήθηκαν την πρώτη περίοδο εφαρμογής του ΣΕΔΕ στους υπόλοιπους τομείς (SEC, 2006). Αυτός είναι και ο κύριος λόγος για την μικρή επίδραση που αναμένεται να έχει η ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ στην τιμή των δικαιωμάτων.

Η ανάλυση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (SEC, 2006) εκτίμησε την πιθανή επίδραση της ένταξης των αερομεταφορών στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων, στην τιμή των δικαιωμάτων χρησιμοποιώντας διάφορα σενάρια. Συγκεκριμένα, τα σενάρια ήταν:

1. *Σενάριο Αναφοράς*: οι αερομεταφορές δεν αποτελούν μέρος του ΣΕΔΕ και οι εκπομπές αυξάνονται με τον προβλεπόμενο ρυθμό.
2. *Κλειστό σύστημα*: δημιουργείται εμπόριο ρύπων ξεχωριστό για τις αερομεταφορές με περιόδους εμπορίας από το 2015 μέχρι το 2030.
3. *Ανοιχτό σύστημα*: οι αερομεταφορές ενσωματώνονται στο ήδη υπάρχον ΣΕΔΕ, με περιόδους εμπορίας από το 2015 μέχρι το 2030. Οι αερομεταφορείς δεν έχουν δικαίωμα να χρησιμοποιήσουν πιστωτικά μόρια από τους υπόλοιπους ευέλικτους μηχανισμούς του πρωτοκόλλου του Κιότο.
4. *Ανοιχτό σύστημα*: οι αερομεταφορές ενσωματώνονται στο ήδη υπάρχον ΣΕΔΕ, με περιόδους εμπορίας από το 2015 μέχρι το 2030. Οι αερομεταφορείς έχουν περιορισμένη πρόσβαση στα πιστωτικά μόρια από τους υπόλοιπους ευέλικτους μηχανισμούς του πρωτοκόλλου του Κιότο.
5. *Ανοιχτό σύστημα*: οι αερομεταφορές ενσωματώνονται στο ήδη υπάρχον ΣΕΔΕ, με περιόδους εμπορίας από το 2015 μέχρι το 2030. Οι αερομεταφορείς έχουν πλήρη πρόσβαση στα πιστωτικά μόρια από τους υπόλοιπους ευέλικτους μηχανισμούς του πρωτοκόλλου του Κιότο.

Με βάση τα παραπάνω σενάρια και υποθέτοντας δύο ετήσιους ρυθμούς ανάπτυξης των εκπομπών CO₂ από τις αερομεταφορές, 2% και 4%, η μελέτη εκτίμησε την πιθανή τιμή των δικαιωμάτων για τα έτη 2015, 2020, 2025 και 2030. Στο παρακάτω διάγραμμα, παρουσιάζονται οι τιμές των δικαιωμάτων σε €/tCO₂ το 2020 για τα πέντε σενάρια και τους ρυθμούς ανάπτυξης των εκπομπών.



Σχήμα 6.3: Εκτιμώμενες τιμές των δικαιωμάτων (€) το 2020 για πέντε διαφορετικά σενάρια σχεδιασμού του ΣΕΔΕ για τις αερομεταφορές βάσει της μελέτης της Ευρωπαϊκής Ενωσης (2006). [42]

Παρατηρείται ότι με την πρόσβαση των αερομεταφορέων στα πιστωτικά μόρια των ευέλικτων μηχανισμών του πρωτοκόλλου του Κιότο (σενάρια 4 και 5) δεν υπάρχει σημαντική επίπτωση στην τιμή των δικαιωμάτων ενώ στην αντίθετη περίπτωση (σενάριο 3) η τιμή των δικαιωμάτων είναι μεγαλύτερη.

Προκειμένου να υπάρξει σημαντική αύξηση της τιμής των δικαιωμάτων θα πρέπει ο τομέας των αερομεταφορών να αγοράζει πάνω από 150 Mt CO₂ κάθε χρόνο (ICF, 2006). Σύμφωνα με την μελέτη των Ernst and Young (2007)

και των Boon et al. (2007) το 2020 οι ευρωπαϊκές αερομεταφορές θα πρέπει να αγοράσουν τουλάχιστον 165 εκατομμύρια δικαιώματα, δηλαδή τουλάχιστον 165 Mt CO₂, από την αγορά του άνθρακα, υποθέτοντας ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης των εκπομπών 4% και τιμή δικαιώματος 45€/tCO₂. Η μελέτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν αναφέρει αλλαγές στην τιμή των δικαιωμάτων λόγω υψηλής ζήτησης, αλλά αυτή εξαρτάται από τις παραμέτρους σχεδιασμού του συστήματος και συγκεκριμένα από το όριο των εκπομπών (emissions cap). Επιπλέον, εξετάζεται η περίπτωση ενός κλειστού συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών για τις αερομεταφορές (σενάριο 2), όπου η ανταλλαγή δικαιωμάτων θα μπορεί να γίνεται μόνο μεταξύ των αερομεταφορέων. Ο σχεδιασμός ενός τέτοιου συστήματος, οι αερομεταφορές θα πρέπει να αγοράζουν δικαιώματα σε πολύ υψηλές τιμές που θα κυμαίνονται από €114 μέχρι €326 το 2020, δηλαδή 8 φορές μεγαλύτερες σε σχέση με τις τιμές των δικαιωμάτων ενός ανοιχτού συστήματος. Οι υψηλές τιμές δείχνουν ότι ένα ανοιχτό σύστημα το οποίο καλύπτει περισσότερους τομείς είναι πιο αποτελεσματικό αφού επιτρέπει σε τομείς που μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές με χαμηλό κόστος, να πωλούν τα δικαιώματα τους και να επιτρέπουν στον τομέα των αερομεταφορών να αγοράζουν τα απαιτούμενα δικαιώματα για να καλύψουν τις εκπομπές τους. Από την άλλη μεριά, ένα κλειστό σύστημα μπορεί να παρακινήσει τους αερομεταφορείς να λάβουν επιπλέον μέτρα για την μείωση των εκπομπών τους, λόγω των υψηλότερων τιμών των δικαιωμάτων, και να δημιουργήσει τεχνολογικές καινοτομίες.

6.2 Επιπτώσεις στον ανταγωνισμό των αερομεταφορέων

Εξετάζονται δυο περιπτώσεις ανταγωνισμού. Η πρώτη αφορά τον ανταγωνισμό μεταξύ των ευρωπαϊκών αερομεταφορέων που εντάσσονται στο ΣΕΔΕ και η δεύτερη αφορά τον ανταγωνισμό μεταξύ ευρωπαϊκών και μη-ευρωπαϊκών αερομεταφορέων.

Ανταγωνισμός μεταξύ ευρωπαϊκών αερομεταφορέων

Οι επιπτώσεις που πιθανόν να υπάρξουν από την ένταξη των αερομεταφορών, στις ευρωπαϊκές αεροπορικές εταιρείες εξαρτώνται από τη μέθοδο κατανομής των δικαιωμάτων και τον τύπο των υπηρεσιών που προσφέρουν (π.χ. εταιρείες χαμηλού κόστους). Η μελέτη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (SEC, 2006) εκτιμά ότι η μικρή επίδραση του ΣΕΔΕ στη ζήτηση δεν θα επηρεάσει σημαντικά τον ανταγωνισμό μεταξύ των ευρωπαϊκών αερομεταφορέων και ότι οι επιπτώσεις που μπορεί να υπάρξουν ποικίλουν ανά δρομολόγιο, επιχειρηματικό μοντέλο και εταιρεία.

Μεγαλύτερες επιπτώσεις πιθανόν να υπάρξουν στις εταιρείες χαμηλού κόστους (Morell, 2007; Scheelhaase and Grimme, 2007). Στην περίπτωση υψηλότερης τιμής δικαιωμάτων (30€/tCO₂), που είναι και η δυσμενέστερη περίπτωση, οι εταιρείες χαμηλού κόστους (Low Cost Airlines) θα πρέπει να αποκτήσουν δικαιώματα εκπομπών αξίας μέχρι 3% των συνολικών εσόδων τους ενώ για τους μεταφορείς πλήρων υπηρεσιών (Full Service Airlines) το ποσοστό αυτό θα είναι λιγότερο από 1% των συνολικών εσόδων τους. Σχετικά με την επίπτωση στη ζήτηση, υπό το δυσμενέστερο σενάριο, αυτή μπορεί να μειωθεί κατά 5,5% ενώ για τους μεταφορείς πλήρων υπηρεσιών η ζήτηση θα

μειωθεί σε μικρότερο ποσοστό, 1,5%. Σύμφωνα με την ανάλυση της Frontier Economics (2006), το αυξημένο κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων για τις εταιρείες χαμηλού κόστους (για εύρος της τιμής των δικαιωμάτων €27-€40 και ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την τιμή -1,5), θα αυξήσει τις τιμές των εισιτηρίων κατά 5%-8% ενώ το εύρος μείωσης της ζήτησης θα είναι 7,5%-12%. Ακόμα και αν η αύξηση της τιμής των εισιτηρίων είναι μεγαλύτερη, για παράδειγμα από €50 σε €60 (ποσοστό αύξησης 20%) η ζήτηση είναι απίθανο να μεταβληθεί σημαντικά διότι η αύξηση κατά €10 της τιμής είναι μικρή σε σχέση με το εισόδημα των επιβατών (CAA, 2005).

Η μείωση της ζήτησης για τους αερομεταφορείς πλήρων υπηρεσιών θα είναι μικρότερη, σε ποσοστό 2%-3%, υποθέτοντας ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την τιμή -0,8. Αυτό μπορεί να συμβεί διότι ένα ποσοστό των πελατών τους αποτελούν επιβάτες διακεκριμένης θέσης (business class) και αυτό το ποσοστό δεν θα επηρεαστεί από τις αυξήσεις στις τιμές των εισιτηρίων αφού η ελαστικότητα είναι πολύ μικρή, σχεδόν ανελαστική (Frontier Economics, 2006). Παρόλα αυτά, η μελέτη του Mason (2005) σχετικά με τις αλλαγές στη ζήτηση των αερομεταφορών δείχνει ότι οι επιβάτες διακεκριμένες θέσης δεν είναι ανελαστικοί ως προς τη μεταβολή των τιμών των εισιτηρίων και ότι προτιμούν για τις πτήσεις τους τις εταιρείες χαμηλού κόστους. Συνεπώς, η μείωση της ζήτησης για τις εταιρείες πλήρων υπηρεσιών μπορεί να είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι εκτιμούν οι αναλυτές.

Ανταγωνισμός μεταξύ ευρωπαϊκών και μη-ευρωπαϊκών αερομεταφορέων

Το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής του ΣΕΔΕ μπορεί να προκαλέσει διαστρέβλωση του ανταγωνισμού μεταξύ ευρωπαϊκών και μη ευρωπαϊκών αερομεταφορέων. Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία, όλες οι πτήσεις που αναχωρούν και αφικνούνται στα αεροδρόμια της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα πρέπει να αποκτούν δικαιώματα εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό σημαίνει ότι όλοι οι αερομεταφορείς ανεξαρτήτως εθνικότητας θα περιληφθούν στο ΣΕΔΕ και επιπλέον ότι αερομεταφορείς που έχουν τις ίδιες εκπομπές εντός Ευρώπης θα επωμιστούν το ίδιο κόστος. Παρόλα αυτά, οι μη-ευρωπαϊκοί αερομεταφορείς μπορούν να αποφύγουν διαδρομές και στάσεις στα αεροδρόμια της Ευρώπης, χρησιμοποιώντας αεροδρόμια κοντά στα σύνορα της έτσι ώστε να αποφύγουν το επιπλέον κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων (Scheelhaase and Grimme, 2007; Ernst and Young, 2007).

Το 2009 δημοσιεύτηκε μία μελέτη των Albers et al. (2009) σχετικά με την επίδραση του ΣΕΔΕ στον ανταγωνισμό μεταξύ ευρωπαϊκών και μη-ευρωπαϊκών αερομεταφορέων και κατά πόσο αυτός ο ανταγωνισμός θα μεταβάλλει το δίκτυο των αεροπορικών εταιρειών. Σύμφωνα με τη μελέτη, οι ευρωπαϊκές αεροπορικές εταιρείες θα επωμιστούν μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με τις μη-ευρωπαϊκές, όμως αυτό δεν είναι αρκετό για να δικαιολογήσει την αλλαγή ενός ολόκληρου δικτύου πτήσεων.

Στη μελέτη των Albers et al. (2009) επιλέχθηκαν διαδρομές τέτοιες ώστε να αντανakλούν το μέγεθος της επιρροής της ένταξης τους στο ΣΕΔΕ. Για παράδειγμα, η απευθείας πτήση από Σιγκαπούρη (SIN) προς Φρανκφούρτη (FRA) περιλαμβάνεται πλήρως στο ΣΕΔΕ, ενώ με την επαναδρομολόγηση της πτήσης μέσω Ζυρίχης (ZRH), μόνο το τμήμα FRA-ZRH περιλαμβάνεται στο ΣΕΔΕ (η Ελβετία δεν είναι κράτος – μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης). Σε αυτό

το πλαίσιο, επιλέχθηκαν επιπλέον αεροδρόμια όπως αυτό της Κωνσταντινούπολης (IST) και του Ντουμπάι (DXB) τα οποία αποτελούν σημαντικούς σταθμούς για αεροπορικές εταιρείες που πετάνε από και προς την Ασία. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι διαδρομές που επιλέχθηκαν με την προσθήκη εναλλακτικών αεροδρομίων, οι αεροπορικές εταιρείες που επιλέχθηκαν από τη μελέτη καθώς και ο τύπος των αεροσκαφών που χρησιμοποιείται για κάθε διαδρομή.

Πίνακας 6.3: Επιλεγμένες διαδρομές και αεροπορικές εταιρείες για την εκτίμηση κόστους και ζήτησης βάση της μελέτης των Albers et al. (2009). [43]

Γεωγραφικά διαμερίσματα	Διαδρομή			Αεροπορική Εταιρεία	Αεροσκάφος
	Προέλευση (O)	Στάση (S)	Προορισμός (D)		
Βόρεια Αμερική- Ευρώπη	EWB	-	CGN	Continental	B757-200
	EWB	ZRH	CGN	Cont./Germanwings	B767-200/A319
	EWB	FRA	CGN	Cont./Lufthansa	B777-200/CR7
	JFK	-	DUS	LTU	A330-200
	EWB	ZRH	DUS	Swiss/Lufthansa	B737-800/142
	EWB	FRA	DUS	Lufthansa	B747-400/143
Ασία - Ειρηνικός - Ευρώπη	SIN	-	FRA	Singapore	B777-300
	SIN	ZRH	FRA	Singapore/Lufthansa	B777-300/B777-300
	SIN	IST	FRA	Turkish	A330-200/B737-800
	SIN	DXB	FRA	Emirates	B777-300/A340-300
Βόρεια Αμερική- Ασία-Ειρηνικός (μέσω Ευρώπης)	EWB	-	DEL	Continental	B777-200ER
	EWB	FRA	DEL	Lufthansa	B747-400/B747-400
	EWB	ZRH	DEL	Swiss	B737-800/-
	EWB	IST	DEL	Turkish	-/A310-300

Από τις παραπάνω αεροπορικές εταιρείες, οι ευρωπαϊκές είναι η Lufthansa Airlines και η Germanwings, ενώ οι υπόλοιπες ανήκουν σε χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Για τον προσδιορισμό των οικονομικών επιπτώσεων από την ένταξη στο ΣΕΔΕ, υπολογίστηκε για κάθε διαδρομή η κατανάλωση καυσίμου. Για να γίνει αυτό, ήταν απαραίτητος ο υπολογισμός της απόστασης των πτήσεων και συγκεκριμένα των αποστάσεων του κύκλου προσγείωσης-απογείωσης (Landing-Take-off cycle, LTO). Ο υπολογισμός έγινε από τη βάση δεδομένων OAG (Official Airline Guide), η οποία παρέχει δεδομένα για τις αποστάσεις των πτήσεων από διάφορες αεροπορικές εταιρείες σε ολόκληρο τον κόσμο, ενώ στη συνέχεια οι αποστάσεις αυτές χωρίστηκαν στα επιμέρους τμήματα του κύκλου LTO. Τέλος οι αποστάσεις προσαρμόστηκαν κατάλληλα έτσι ώστε να

αντιπροσωπεύουν την απόσταση ορθοδρομίας και προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι παρακάμψεις των διαδρομών και οι υπόλοιποι παράγοντες που επηρεάζουν την απόσταση ορθοδρομίας.

Πίνακας 6.4: Αποστάσεις κύκλου προσγείωσης-απογείωσης (LTO) και ύψος πτήσης, ανά κατηγορία πτήσεων. [43]

Μήκος πτήσης (km)	Φάση Ανόδου (km)	Φάση Πλεύσεως (km)	Φάση Καθόδου (km)	Ύψος πτήσης (m)
0-187	27	35	62	3.000
188-312	69	53	128	4.615
313-437	101	111	163	6.050
438-562	132	170	197	7.484
563-687	163	247	215	9.050
688-875	207	276	267	9.430
> 876	210	398 + x	267	10.670

Σημείωση: για απόσταση πτήσης ίση με 876 km, η φάση ανόδου είναι ίση με 398 km. Σε περίπτωση μεγαλύτερης απόστασης, η φάση ανόδου πρέπει να προσαρμοστεί κατάλληλα (IFEU Heidelberg, 2006).

Η κατανάλωση καυσίμου για κάθε πτήση βασίστηκε στα στοιχεία της Βάσης Δεδομένων Αεροσκαφών (Base of Aircraft Data, BADA) του Eurocontrol. Η BADA περιέχει πίνακες με τις τιμές των παραμέτρων των επιδόσεων των αεροσκαφών τα οποία χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση της εναέριας κυκλοφορίας. Επειδή η κατανάλωση καυσίμου εξαρτάται και από το ύψος της πτήσης, αυτό λήφθηκε υπόψη και στους υπολογισμούς. Μετά τον υπολογισμό της κατανάλωσης, προσδιορίστηκαν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα με βάση το συντελεστή εκπομπών για την κηροζίνη, αφού είναι το κύριο καύσιμο που χρησιμοποιείται στις αεροπορικές μεταφορές. Ο συντελεστής αυτός λήφθηκε 3,15 kgCO₂/ kg καυσίμου (IPCC, 1999).

Για τον υπολογισμό του επιπλέον κόστους, οι υπολογισμένες εκπομπές CO₂ ανά πτήση πολλαπλασιάστηκαν με την τιμή των δικαιωμάτων η οποία στη μελέτη των Albers et al. (2009) λαμβάνεται ίση με 20€/tCO₂. Η τιμή αυτή βασίστηκε στις εκτιμήσεις ότι η τιμή των δικαιωμάτων θα κυμανθεί από €10 μέχρι €30 (SEC, 2006; Ernst and Young, 2007).

Πίνακας 6.5: Εκτιμώμενη αύξηση του κόστους ανά επιβάτη (€) λόγω της ένταξης των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ, βάσει της μελέτης των Albers et al. (2009). [43]

Διαδρομή			Εκπομπές CO ₂ που περιλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ (kg)	Επιπλέον κόστος ανά διαδρομή (€20/tCO ₂)	Επιπλέον κόστος ανά επιβάτη (€20/tCO ₂)
Προέλευση (O)	Στάση (S)	Προορισμός (D)			
EWR	-	CGN	89.803	1.796,06	9,27
EWR	ZRH	CGN	8.400	202,77	1,74
EWR	FRA	CGN	175.159	3.509,20	16,08
JFK	-	DUS	154.358	3.087,16	13,84
EWR	ZRH	DUS	81.999	233,29	3,18
EWR	FRA	DUS	248.772	4.983,38	12,33
SIN	-	FRA	296.272	5.925,44	19,77
SIN	ZRH	FRA	6.280	144,59	1,48
SIN	IST	FRA	30.007	600,15	4,69
SIN	DXB	FRA	149.516	2.990,32	13,04
EWR	-	DEL	0	0,00	0,00
EWR	FRA	DEL	593.449	11.876,25	26,79
EWR	ZRH	DEL	0	0,00	0,00
EWR	IST	DEL	0	0,00	0,00

Λόγω του επιπλέον κόστους, υπολογίζονται και οι πιθανές επιπτώσεις στη ζήτηση για τις αερομεταφορές. Αν το επιπλέον κόστος μετακυληθεί στους επιβάτες, η ζήτηση θα επηρεαστεί αρνητικά. Για τον υπολογισμό ήταν απαραίτητες οι ελαστικότητες της ζήτησης ως προς την τιμή για τις διάφορες κατηγορίες πτήσεων. Υποθέτοντας ίση κατανομή των επιβατών αναψυχής και διακεκριμένης θέσης, η ελαστικότητα λαμβάνεται ίση με -1,13 για τις κοντινές πτήσεις (short-haul flights) και -0,78 για τις υπερατλαντικές πτήσεις (long-haul flights) (Gillen et al., 2004).

Με βάση το επιπλέον κόστος ανά επιβάτη καθώς και τις μέσες τιμές των εισιτηρίων όπως αυτές καταγράφονται στις ετήσιες εκθέσεις και τα στατιστικά στοιχεία των αεροπορικών εταιρειών που εξετάζονται στη μελέτη, προσδιορίστηκαν οι απόλυτες και ποσοστιαίες αυξήσεις αλλά και η μείωση της ζήτησης για δύο πιθανά σενάρια: το Σενάριο 1 αντιπροσωπεύει την ανάλυση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (SEC, 2006) σύμφωνα με την οποία θα γίνει μετακύλιση του κόστους στους επιβάτες σε ποσοστό 100% και το Σενάριο 2 σύμφωνα με το οποίο το ποσοστό αυτό θα είναι 35% (Ernst and Young, 2007).

Πίνακας 6.6: Ποσοστιαία μείωση της ζήτησης λόγω της αύξησης των τιμών των εισιτηρίων βάσει της μελέτης των Albers et al. (2009). [43]

Σενάριο	Διαδρομή			Αύξηση τιμής εισιτηρίων (€)	Αύξηση τιμής εισιτηρίων (%)	Μείωση της ζήτησης (%)	Απώλεια επιβατών ανά πτήση	Απώλεια εσόδων ανά πτήση (€)
	O	S	D					
Σενάριο 1 (ποσοστό μετακύλησης 100%)	EWR	FRA		11,00	2,17	1,69	8	4.059
		FRA	DUS	1,33	0,94	1,06	1	141
		ZRH		0,00	0,00	0,00	0	0
		ZRH	DUS	3,18	2,25	2,55	2	282
	SIN	-	FRA	19,77	3,79	2,96	9	4.696
		ZRH		0,00	0,00	0,00	0	0
		ZRH	FRA	1,48	1,05	1,18	2	282
	EWR	FRA		11,00	2,17	1,69	8	4.059
		FRA	DEL	15,79	2,61	2,04	10	6.050
		IST	DEL	0,00	0,00	0,00	0	0
	Σενάριο 2 (ποσοστό μετακύλησης 35%)	FRA		3,85	0,76	0,59	3	1.522
		FRA	DUS	0,47	0,33	0,37	1	141
		ZRH		0,00	0,00	0,00	0	0
		ZRH	DUS	1,11	0,79	0,89	1	141
		-	FRA	6,92	1,33	1,03	4	2.087
		ZRH		0,00	0,00	0,00	0	0
		ZRH	FRA	0,52	0,37	0,41	1	141
		FRA		3,85	0,76	0,59	3	1.522
	EWR	FRA	DEL	5,53	0,91	0,71	4	2.420
		IST	DEL	0,00	0,00	0,00	0	0

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση αντανakλούν τις διαφορές στην αύξηση του κόστους για τους ευρωπαϊκούς και μη-ευρωπαϊκούς αερομεταφορείς λόγω της ένταξης τους στο ΣΕΔΕ. Η πιο ακραία περίπτωση φαίνεται στο παράδειγμα της πτήσης από τη Νέα Υόρκη (EWR) στο Δελχί (DEL) η οποία εκτελείται από την Continental Airlines ως απευθείας πτήση και από τους ευρωπαϊκούς αερομεταφορείς ως πτήση με ανταπόκριση. Η δρομολόγηση της πτήσης της Lufthansa μέσω Φρανκφούρτης (FRA) οδηγεί σε επιπλέον κόστος €26,79 ανά διαδρομή ανά επιβάτη (€53 με επιστροφή) ενώ η απευθείας πτήση με την Continental Airlines δεν επηρεάζεται αφού τα αεροδρόμια προέλευσης και προορισμού βρίσκονται εκτός Ευρώπης.

Μία πτήση από τη Νέα Υόρκη στο Ντίσελντορφ της Γερμανίας (DUS) μέσω Φρανκφούρτης θα κοστίσει €12,33 παραπάνω ενώ στην περίπτωση μεταφοράς του κομβικού αεροδρομίου της Φρανκφούρτης στη Ζυρίχη για την αποφυγή του επιπλέον κόστους, το κόστος θα είναι €9,15 λιγότερο. Το

παράδειγμα αυτό δείχνει ότι η χρήση αεροδρομίων εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά κοντά στα σύνορά της, μπορεί να μειώσει το κόστος ανά επιβάτη.

Σχετικά με τη ζήτηση, το ποσοστό μείωσης θα είναι μεγαλύτερο για τις ευρωπαϊκές αεροπορικές εταιρείες. Η ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ θα επηρεάσει τους μη-ευρωπαϊκούς αερομεταφορείς μόνο στο τμήματα των πτήσεων που προέρχονται και καταλήγουν στα αεροδρόμια της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε αντίθεση με τους ευρωπαϊκούς αερομεταφορείς των οποίων οι πτήσεις ανήκουν σε ένα δίκτυο που βρίσκεται εξ' ολοκλήρου μέσα στο γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής του ΣΕΔΕ. Συνεπώς, η μείωση της ζήτησης τους θα είναι μεγαλύτερη και συγκεκριμένα της τάξης του 3% σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση. Το ποσοστό αυτό όμως αντισταθμίζεται από το γεγονός ότι προβλέπεται ετήσιος ρυθμός αύξησης 5% για τον τομέα των αερομεταφορών.

Αφού το επιπλέον κόστος προέρχεται από το τμήμα εκείνο της διαδρομής που εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής του ΣΕΔΕ, οι αεροπορικές εταιρείες μπορούν να μειώσουν την απόσταση αυτών των τμημάτων. Αυτό μπορεί να γίνει με την προσθήκη στάσεων στις υπερατλαντικές πτήσεις, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση Σιγκαπούρης (SIN)-Φρανκφούρτης (FRA) όπου μπορεί να προστεθεί στάση στη Ζυρίχη. Παρόλα αυτά, οι επιπλέον στάσεις επιφέρουν και επιπλέον βάρη στις εταιρείες και τους επιβάτες. Πρώτον, οι εταιρείες θα πρέπει να επωμιστούν επιπλέον φόρους. Για παράδειγμα, η καθαρή μείωση του κέρδους από τη δρομολόγηση της πτήσης SIN-FRA μέσω Ζυρίχης είναι €3.700, αφού η αρχική μείωση των €5.780 επιβαρύνεται από τους φόρους αξίας περίπου €2080 λόγω της στάσης στη Ζυρίχη. Επιπλέον, η προσθήκη στάσεων δημιουργεί μεγαλύτερους χρόνους διαδρομής, παράμετρος σημαντική στην επιλογή αεροπορικής εταιρείας από τους επιβάτες. Η διαδρομή SIN-FRA μέσω Ζυρίχης μπορεί να αυξήσει το χρόνο διαδρομής κατά 3 ώρες, συμπεριλαμβανομένου και του χρόνου αναμονής των επιβατών στη Ζυρίχη (SIN-FRA: 13 ώρες και 5 λεπτά, SIN-ZRH-FRA: 16 ώρες και 10 λεπτά). Για τους παραπάνω λόγους η επιλογή της προσθήκης στάσεων δεν είναι βέλτιστη για τις ευρωπαϊκές εταιρείες οι οποίες δεν θα προτιμήσουν να πραγματοποιήσουν στάση κοντά στο κομβικό αεροδρόμιο, σε αντίθεση με τις μη-ευρωπαϊκές που μπορεί να προτιμήσουν την επιλογή αυτή. Και πάλι όμως, ο κορεσμός των αεροδρομίων, οι περιορισμοί στη χωρητικότητα αλλά και οι πιθανές πολιτικές αντιρρήσεις πιθανόν να αποτρέψουν μια τέτοια κίνηση. Επιπλέον λόγοι είναι (Scheelhaase and Grimme, 2007; Wit et al., 2005):

1. Το κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων δεν είναι αρκετά μεγάλο ώστε να δικαιολογήσει μία τέτοια κίνηση από τους μη-ευρωπαϊκούς αερομεταφορείς.
2. Τα δικαιώματα προσγείωσης είναι συγκεκριμένα σε κάθε χώρα και η κατανομή των χρονοπαραθύρων (slots) είναι αποτέλεσμα μακροχρόνιας συνεργασίας. Επομένως, οι διαπραγματεύσεις για νέα αεροδρόμια προσγείωσης θα είναι χρονοβόρες και πιθανόν αντισυμβατικές.
3. Οι πτήσεις αποτελούν πολύ συχνά μέρος ενός ακτινωτού δικτύου (hub-and-spoke) στο οποίο πολλοί επιβάτες αποβιβάζονται στο κεντρικό αεροδρόμιο (hub) και επιβιβάζονται σε επόμενες πτήσεις για

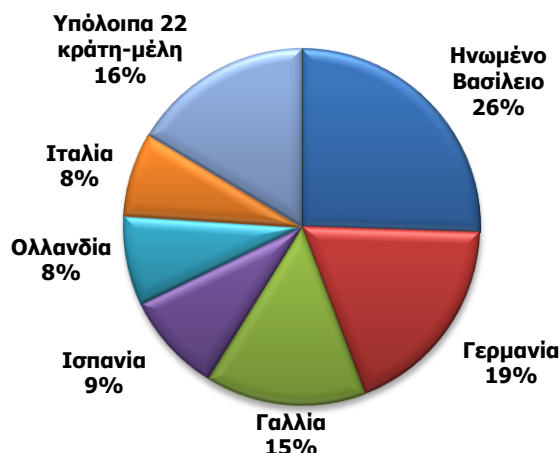
διαφορετικούς προορισμούς. Επομένως, η αλλαγή του κεντρικού αεροδρομίου θα σήμαινε την απώλεια αυτών των επιβατών.

Οι μη-ευρωπαϊκοί αερομεταφορείς έχουν μέρος των δραστηριοτήτων τους εκτός της Ευρώπης και συνεπώς η ένταξη τους στο ΣΕΔΕ θα έχει μικρότερη επίπτωση στα συνολικά τους τονοχιλιόμετρα και τα έσοδα τους, σε αντίθεση με τους ευρωπαϊκούς αερομεταφορείς οι οποίοι λειτουργούν περισσότερος εντός της Ευρώπης και όπως είναι αναμενόμενο θα επωμιστούν μεγαλύτερο κόστος. Προκειμένου, να επωμιστούν όσο το δυνατό μικρότερο κόστος οι μη-ευρωπαϊκοί αερομεταφορείς μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα αεροσκάφη τα οποία είναι νεώτερα και περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον, στις διαδρομές εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης και τα υπόλοιπα σε πτήσεις εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης (Wit et al., 2005). Αυτό μπορεί να συμβεί σε αεροπορικές εταιρείες που έχουν τέτοια σύνθεση στόλου και τέτοιες διαδρομές που επιτρέπουν τη δρομολόγηση αεροσκαφών λιγότερο φιλικών προς το περιβάλλον σε διαδρομές εκτός Ευρώπης. Παρόλα αυτά, λαμβάνοντας υπόψη το υψηλό κόστος απόκτησης των αεροσκαφών και το γεγονός ότι ορισμένοι τύποι αεροσκαφών αποκτούνται από τις αεροπορικές εταιρείες για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων διαδρομών, η παραπάνω περίπτωση είναι απίθανο να συμβεί.

6.3 Επιπτώσεις στην οικονομία των κρατών μελών

Τον Αύγουστο του 2009 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε τη λίστα με τους αερομεταφορείς που θα συμπεριληφθούν στο ΣΕΔΕ καθώς τα εντεταλμένα κράτη-μέλη, δηλαδή τα αρμόδια κράτη μέλη στα οποία οι αεροπορικές εταιρείες θα παραδίδουν τις εκθέσεις τους. Σύμφωνα με την παράγραφο 3δ της κοινοτικής οδηγίας, ο αριθμός των εκπλειστηριαζόμενων δικαιωμάτων από κάθε κράτος μέλος σε κάθε περίοδο είναι ανάλογος με το μερίδιό του στο σύνολο των αποδιδόμενων στην αεροπορία εκπομπών για όλα τα κράτη μέλη για το έτος αναφοράς (2010). Έτσι, καθορίζονται και τα έσοδα από τη δημοπράτηση των δικαιωμάτων. Η μελέτη των Schaefer et al. (2010), υπολόγισε τα εκτιμώμενα έσοδα για κάθε κράτος μέλος το 2012 αφού εκτίμησε τις ιστορικές εκπομπές των αερομεταφορών καθώς και τις προβλεπόμενες εκπομπές για το 2012.

Ορισμένα κράτη μέλη θα έχουν μεγαλύτερα έσοδα από τη δημοπράτηση των δικαιωμάτων: το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία, η Γαλλία, η Ισπανία, η Ολλανδία, και η Ιταλία. Τα κράτη αυτά θα εισπράξουν ποσά που κυμαίνονται από €224,5 εκατομμύρια (Ηνωμένο Βασίλειο) μέχρι €29,4 εκατομμύρια (Ιταλία) για τιμή δικαιώματος €25. Για τιμή δικαιώματος ίση με €40, τα ποσά αυτά θα είναι από €359,5 εκατομμύρια έως €47 εκατομμύρια. Συνολικά, τα παραπάνω κράτη θα λάβουν πάνω από τα δύο τρίτα των συνολικών εσόδων από τη δημοπράτηση όλων των δικαιωμάτων, και τα υπόλοιπα λιγότερο από το ένα τρίτο. Το ποσοστό των εσόδων κάθε κράτους μέλους φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 6.4: Ποσοστό εσόδων από τη δημοπράτηση των δικαιωμάτων των αερομεταφορέων ανά κράτος βάσει της μελέτης των Schaefer et al. (2010) [44]

Το παραπάνω γεγονός οφείλεται μερικώς στο ότι ορισμένες από τις μεγαλύτερες αεροπορικές εταιρείες λειτουργούν με άδεια από τα προαναφερθέντα κράτη, όπως η Lufthansa (Γερμανία), η British Airways (Ηνωμένο Βασίλειο) και η Air France/KLM (Γαλλία). Επιπλέον, οι περισσότερες πτήσεις, ακόμα και οι υπερατλαντικές, γίνονται από και προς τα αεροδρόμια των παραπάνω χωρών με αποτέλεσμα το μερίδιο των εκπομπών τους να είναι σαφώς μεγαλύτερο σε σχέση με το σύνολο των εκπομπών των υπολοίπων κρατών και επομένως να δημοπρατούν μεγαλύτερο ποσοστό δικαιωμάτων. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι εκπομπές από τις αερομεταφορές στην ΕΕ-15 για το 2009 ενώ είναι εμφανής η μεγάλη συνεισφορά των προαναφερθεισών χωρών στις εκπομπές CO₂ από τις αερομεταφορές.

Πίνακας 6.7: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις αερομεταφορές στην ΕΕ-15 το 2009. [45]

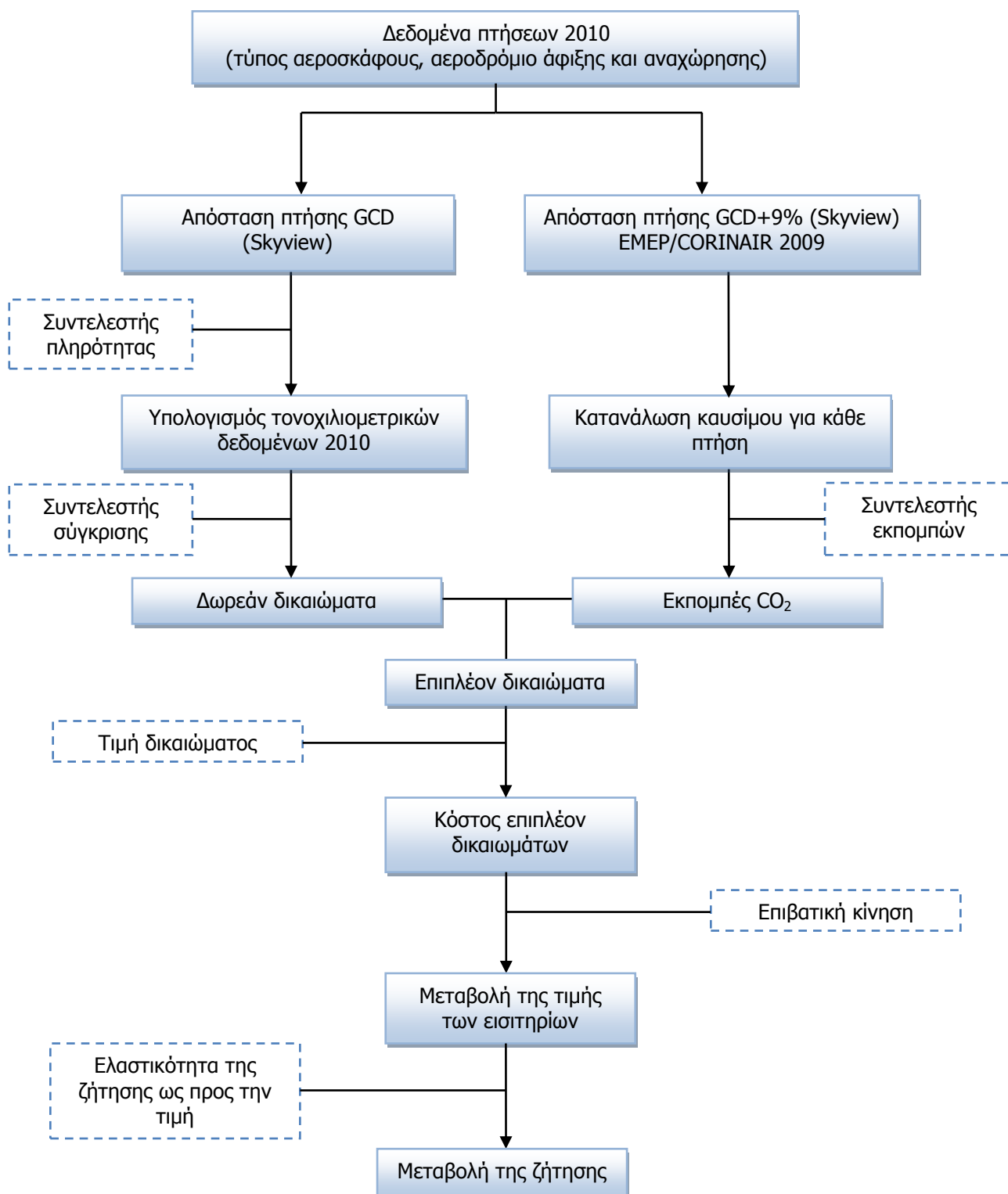
Εκατομμύρια τόνοι CO ₂	Πτήσεις εσωτερικού	Πτήσεις εξωτερικού	Σύνολο	% του συνόλου της ΕΕ-15
Ηνωμένο Βασίλειο	1,8	32,8	34,6	24,2%
Γερμανία	2,1	25,0	27,1	18,9%
Γαλλία	4,5	15,8	20,3	14,2%
Ισπανία	3,6	12,6	16,2	11,3%
Ιταλία	2,2	9,0	11,2	7,8%
Ολλανδία	0,0	10,2	10,3	7,2%
Βέλγιο	0,0	4,4	4,4	3,1%
Ελλάδα	1,5	2,6	4,1	2,9%
Πορτογαλία	0,3	2,4	2,8	2,0%
Σουηδία	0,5	2,0	2,5	1,7%
Δανία	0,2	2,3	2,5	1,7%
Ιρλανδία	0,1	2,2	2,3	1,6%
Αυστρία	0,1	1,9	2,0	1,4%
Φινλανδία	0,3	1,6	1,8	1,3%
Λουξεμβούργο	0,0	1,3	1,3	0,9%
ΕΕ-15	17,2	126,0	143,2	100%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΜΠΟΡΙΑΣ
ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ**

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση του κόστους που θα υποστούν οι ελληνικές αεροπορικές εταιρείες μετά την ένταξή τους στο ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την πρώτη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων δηλαδή το 2012. Το κόστος θα προέλθει από την ανάγκη των αεροπορικών εταιρειών να αγοράσουν επιπλέον δικαιώματα, πέρα από αυτά που θα τους κατανεμηθούν δωρεάν, για να καλύψουν το σύνολο των εκπομπών τους το 2012. Το επιπλέον κόστος συνεπάγεται και αυξήσεις των τιμών των εισιτηρίων, αφού όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια οι αερομεταφορείς αναμένεται να μετακυλήσουν ένα ποσοστό ή και ολόκληρο το κόστος των δικαιωμάτων στους επιβάτες. Συνεπώς, γίνεται εκτίμηση των αυξήσεων των τιμών των εισιτηρίων για τις πτήσεις του εσωτερικού και του εξωτερικού. Οι αυξήσεις των τιμών των εισιτηρίων αναμένεται να επηρεάσουν τη ζήτηση για αερομεταφορές οπότε εκτιμάται η πιθανή μείωση της ζήτησης για τις αεροπορικές εταιρείες. Η ανάλυση εστιάζεται στους δύο κύριους ελληνικούς αερομεταφορείς, την Olympic Air και την Aegean Airlines. Επιπλέον, στα πλαίσια των επιπτώσεων του ευρωπαϊκού ΣΕΔΕ εξετάζεται η μείωση των εκπομπών των αερομεταφορέων μέσω της αντικατάστασης των μεγάλων αεροσκαφών που χρησιμοποιούνται στις πτήσεις εσωτερικού με μικρότερα αεροσκάφη τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μικρές διαδρομές, όπως είναι οι πτήσεις εσωτερικού του ελληνικού εναέριου χώρου. Η μείωση αυτή θα έχει ως συνέπεια τη μείωση του κόστους απόκτησης των δικαιωμάτων, οπότε γίνεται υπολογισμός του μειωμένου κόστους.

Τα στοιχεία που ήταν απαραίτητα για την διεξαγωγή της ανάλυσης ήταν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των αεροπορικών εταιρειών, τα συνολικά τονοχιλιόμετρα του έτους 2010, το οποίο αποτελεί έτος παρακολούθησης για τις αερομεταφορές, καθώς και η επιβατική κίνηση. Η ανάλυση βασίστηκε σε πραγματικά στοιχεία του έτους 2010 τα οποία ήταν διαθέσιμα από την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας.

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνονται τα βήματα της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων της ένταξης των ελληνικών αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ στους εξεταζόμενους αερομεταφορείς. Καθένα από τα βήματα περιγράφεται αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια.



Σχήμα 7.1: Τα βήματα της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων του ΣΕΔΕ στις ελληνικές αεροπορικές εταιρείες.

7.1 Η βάση δεδομένων EMEP/CORINAIR

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τα αεροσκάφη, βασίστηκε στη βάση δεδομένων EMEP/CORINAIR η οποία περιέχει στοιχεία για την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων διάφορων τύπων αεροσκαφών. Συγκεκριμένα, τα αέρια που περιλαμβάνονται είναι τα NO_x, EINO_x, HC, EHC, CO, και EICO.

Η EMEP/CORINAIR υπολογίζει την κατανάλωση καυσίμου για βασικούς τύπους αεροσκαφών της πολιτικής αεροπορίας όπως τα A310, A320 και B747 και ανάλογα με τη απόσταση της πτήσης. Επιπλέον, η κατανάλωση υπολογίζεται και για τις φάσεις του κύκλου απογείωσης-προσγείωσης (Landing-Take off Cycle, LTO) και με βάση τους συντελεστές εκπομπών για κάθε ρύπο, υπολογίζονται οι εκπομπές.

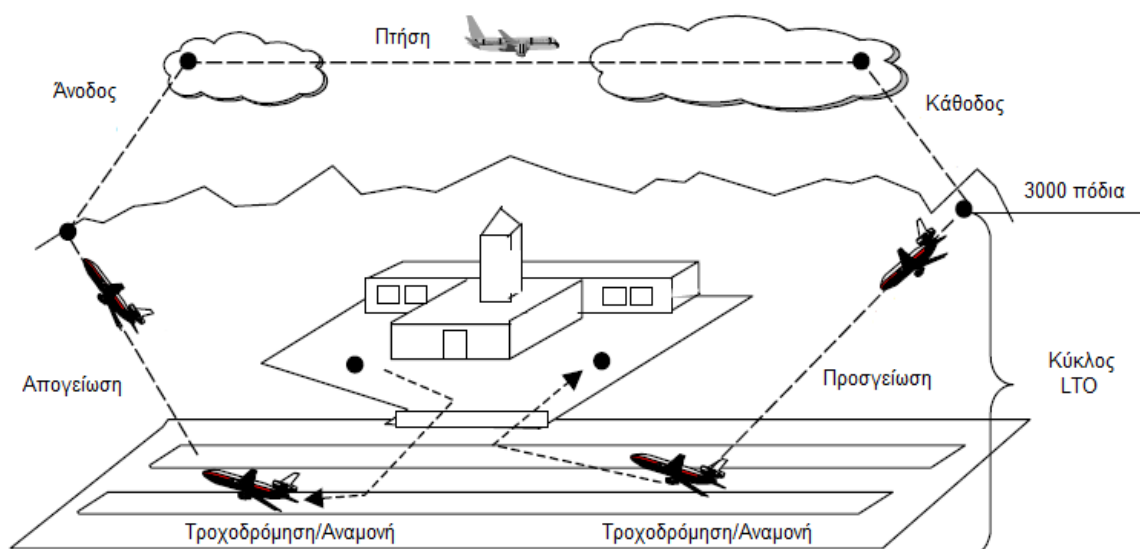
Σύμφωνα με την EMEP/CORINAIR οι εκπομπές των ρύπων από τα αεροσκάφη εξαρτώνται από τους εξής παράγοντες:

- τον τύπο του αεροσκάφους
- τον τύπο των μηχανών και του καυσίμου που χρησιμοποιείται
- τα χαρακτηριστικά της μηχανής (οι εκπομπές ανά μονάδα καυσίμου εξαρτώνται από το φορτίο της πτήσης)
- το υψόμετρο της πτήσης
- τη μεταφορική κίνηση (αριθμός πτήσεων και διανυθείσα απόσταση)

Οι κινητήρες του αεροσκάφους εκπέμπουν ρύπους κατά την πραγματοποίηση των παρακάτω διαδικασιών:

- *Κύκλος Προσγείωσης-Απογείωσης (Landing-Take off Cycle, LTO)*: περιλαμβάνει όλες τις κινήσεις του αεροσκάφους που γίνονται σε υψόμετρο μικρότερο των 3000 ποδών (914 μέτρα). Συγκεκριμένα περιλαμβάνονται οι τροχοδρομήσεις, η απογείωση, η προσγείωση και η προσέγγιση.
- *Πτήση (Cruise)*: χαρακτηρίζεται ως το σύνολο των κινήσεων των αεροσκαφών που γίνονται σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 3000 ποδών (914 μέτρα), ενώ δεν καθορίζεται ανώτατο υψόμετρο πτήσης. Η πτήση περιλαμβάνει την ανύψωση μέχρι το τελικό υψόμετρο πτήσης (climb) και τη μείωση από το υψόμετρο πτήσης.

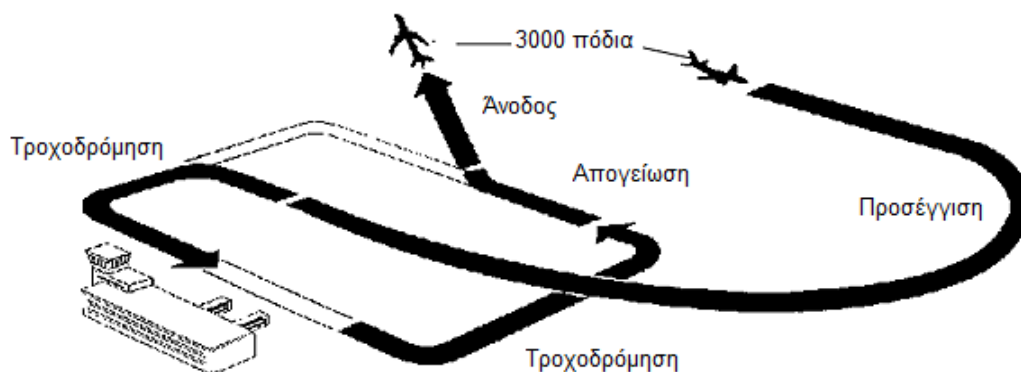
Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται οι επιμέρους φάσεις της πτήσης ενός αεροσκάφους.



Σχήμα 7.2: Επιμέρους φάσεις της πτήσης ενός αεροσκάφους. [58]

Ο κύκλος προσγείωσης-απογείωσης χωρίζεται σε επιμέρους φάσεις για τις οποίες η ΕΜΕΡ/CORINAIR υπολογίζει την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων. Οι φάσεις είναι:

- Απογείωση: 1. Τροχοδρόμηση (Taxi out)
2. Απογείωση (Take off)
3. Ανοδος μέχρι τα 3000 πόδια (Climb out)
- Προσγείωση: 1. Προσέγγιση (Approach landing)
2. Τροχοδρόμηση (Taxi in)



Σχήμα 7.3: Κύκλος προσγείωσης – απογείωσης αεροσκάφους. [59]

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου και επομένως των εκπομπών, χρησιμοποιούνται τρεις μεθοδολογίες, των οποίων η κύρια διαφορά είναι τα στοιχεία που χρησιμοποιεί η καθεμία στον υπολογισμό. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μεθοδολογίες, τα δεδομένα που χρησιμοποιεί η καθεμία και ο τρόπος με τον οποίο γίνεται ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών των ρύπων.

Πίνακας 7.1: Μεθοδολογίες της ΕΜΕΡ/CORINAIR 2009 για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών των αεροσκαφών. [58]

	Δεδομένα	Υπολογισμός
Tier 1	Πωλήσεις καυσίμων για πτήσεις εσωτερικού και πτήσεις εξωτερικού. Σύνολο των LTO για πτήσεις εσωτερικού και πτήσεις εξωτερικού.	Συντελεστές εκπομπών ανά αντιπροσωπευτικό αεροσκάφος, LTO και πτήση.
Tier 2	Πωλήσεις καυσίμων για πτήσεις εσωτερικού και πτήσεις εξωτερικού. Σύνολο των LTO για πτήσεις εσωτερικού και πτήσεις εξωτερικού και ανάλογα με τον τύπο του αεροσκάφους.	Συντελεστές εκπομπών για κάθε αεροσκάφος και LTO και μέσοι συντελεστές ανά πτήση.
Tier 3	Δεδομένα για κάθε πτήση σχετικά με τον τύπο του αεροσκάφους και την απόσταση πτήσης για πτήσεις εσωτερικού και πτήσεις εξωτερικού.	Από τη βάση δεδομένων της ΕΜΕΡ/CORINAIR.

Στη διάρκεια της παρούσας ανάλυσης, έγινε διαχωρισμός των εκπομπών των πτήσεων σε εκπομπές από πτήσεις εσωτερικού και από πτήσεις εξωτερικού. Ο διαχωρισμός των πτήσεων έγινε με βάση αυτά που ορίζονται στην IPCC στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7.2: Διαχωρισμός πτήσεων εσωτερικού και εξωτερικού. [58]

Διαχωρισμός πτήσεων εσωτερικού και εξωτερικού		
	Εσωτερικού	Εξωτερικού
Αναχώρηση και άφιξη στην ίδια χώρα	Ναι	Όχι
Αναχώρηση και άφιξη σε διαφορετική χώρα	Όχι	Ναι
Αναχώρηση από μια χώρα και άφιξη σε αεροδρόμιο ίδιας χώρας και αναχώρηση πάλι για άλλη χώρα	Όχι	Ναι

Το κύριο πλεονέκτημα της ΕΜΕΡ/CORINAIR είναι το γεγονός ότι είναι διαθέσιμη στο ευρύ κοινό και οι πληροφορίες που παρέχονται είναι κατανοητές. Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε πολλούς τύπους αεροσκαφών και να υπολογίσει την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές τους ανάλογα με την απόσταση που διανύουν. Τέλος, δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται μόνο μία μεθοδολογία για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών, άλλα υπάρχουν εναλλακτικές μέθοδοι ανάλογα με τα δεδομένα που έχει ο χρήστης στη διάθεσή του.

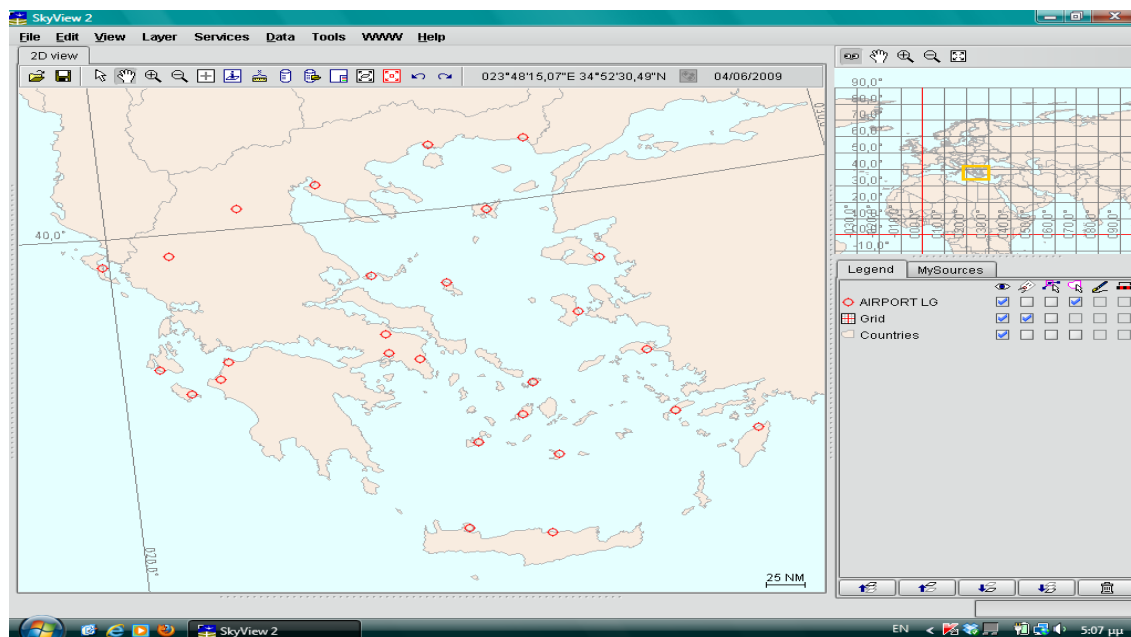
7.2 Ανάλυση της μεθοδολογίας

7.2.1 Υπολογισμός εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα των πτήσεων, ήταν η Tier 3 με βάση την οποία τα απαραίτητα δεδομένα είναι ο τύπος του αεροσκάφους και η απόσταση της πτήσης. Τα δεδομένα αυτά λήφθηκαν από την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας και αφορούν το έτος 2010, το οποίο αποτελεί το έτος παρακολούθησης εκπομπών και τονοχιλιομέτρων για τις αερομεταφορές, ενώ περιλαμβάνουν όλες τις πτήσεις από και προς τα αεροδρόμια της Ελλάδας αφού οι πτήσεις αυτές θα συμπεριληφθούν στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ. Συγκεκριμένα, από τη βάση δεδομένων της ΥΠΑ λήφθηκαν τα εξής στοιχεία:

- ο κωδικός της πτήσης
- ο τύπος του αεροσκάφους
- το αεροδρόμιο αναχώρησης (κωδικοί κατά ICAO)
- το αεροδρόμιο άφιξης (κωδικοί κατά ICAO)

Για τον υπολογισμό των εκπομπών, εκτός από τον τύπο του αεροσκάφους, ήταν απαραίτητη και η απόσταση των πτήσεων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα πλοήγησης του εναέριου χώρου Skyview το οποίο παρέχεται δωρεάν από την ιστοσελίδα του EUROCONTROL. Το πρόγραμμα υπολογίζει την απόσταση ορθοδρομίας μεταξύ δύο σημείων, δηλαδή την απόσταση μέγιστου τόξου. Ωστόσο, η απόσταση αυτή δεν είναι η πραγματική που διανύουν τα αεροσκάφη, καθώς κατά την εκτέλεση μίας διαδρομής υπάρχουν πολλοί περιορισμοί όπως οικονομικοί, πολιτικοί και άλλοι περιορισμοί που σχετίζονται με τη διαχείριση της εναέριας κυκλοφορίας και τη συμφόρηση των αεροσκαφών. Έτσι, η υπολογισμένη απόσταση προσαυξάνεται κατά 9% προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι παραπάνω περιορισμοί. Ο συντελεστής αυτός χρησιμοποιείται στη μεθοδολογία υπολογισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα των αεροσκαφών, “Act on CO₂” της DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). Η DEFRA είναι κυβερνητική υπηρεσία του Ηνωμένου Βασιλείου και είναι υπεύθυνη για την προστασία του περιβάλλοντος, τα πρότυπα παραγωγής τροφίμων, τη γεωργία, την αλιεία, και τις αγροτικές κοινότητες. Στο σχήμα φαίνεται ο ελληνικός εναέριος χώρος όπως απεικονίζεται στο Skyview.



Σχήμα 7.4: Ο ελληνικός εναέριος χώρος όπως απεικονίζεται στο πρόγραμμα πλοήγησης του εναέριου χώρου Skyview.

Αφού πλέον είναι διαθέσιμοι οι τύποι των αεροσκαφών και οι αποστάσεις των πτήσεων, υπολογίζουμε την κατανάλωση καυσίμου για όλες τις πτήσεις και για κάθε αεροπορική εταιρεία. Ο υπολογισμός γίνεται από τη βάση δεδομένων EMEP/CORINAIR, επιλέγοντας τον αντίστοιχο τύπο του αεροσκάφους. Σημειώνεται ότι η βάση δεδομένων περιέχει αντιπροσωπευτικούς τύπους αεροσκαφών, οπότε σε περίπτωση που κάποιο αεροσκάφος από τα στοιχεία δεν περιέχεται στη βάση δεδομένων, επιλέγεται το ισοδύναμο αεροσκάφος. Τα ισοδύναμα αεροσκάφη παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

	ICAO	IATA	ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΣ	ICAO	IATA	ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΣ	ICAO	IATA	ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΣ	ICAO	IATA
BAe 146	BA46	141	Airbus A320	A320	320	Boeing 747-400	B744	744	McDonnell Douglas DC10	DC10	D10
		143			32S	Boeing 757		757			D11
		146			321			75F			D1C
		14F	Airbus A 319	A319	319			TR2			D1F
Airbus A310	A310	310	Airbus A 330	A330	330	Boeing 767		762			L10
		312			332			763			L11
		313			333			767			L12
		A31	Airbus A 340	A340	340			AB3			L15
Boeing 727-100	B721	721			342			AB6			M11
Boeing 727-200	B722	722			343			A3E			M1F
Boeing 727-300	B727	727	BAe 111	BA11	B11			ABF	McDonnell Douglas DC8		DC8
		72A			B15			AB4			D8F
		72F			CRV	Boeing 777		777			D8M
		72M			F23	Boeing 777-200	B772	772			D8S
		72S			F24	Boeing 777-300	B773	773			707
		TU5			YK4	McDonnell Douglas DC-9		D92			70F
Boeing 737-200	B732	732	Boeing 747-100-300	B741	741			D93			IL6
Boeing 737-500	B735	735		B742	742			D94			B72
		73A		B743	743			D95			
		73B			747			D98			
		73F			74D			D9S			
		73M			74E			DC9			
		73S			74F			F21			
		D86			A4F			TRD			
		JET			74L			YK2			
		DAM			74M	McDonnell Douglas M81- M88	MD81- 88	M80			
Boeing 737-400	B734	734			74R			M81			
Boeing 737-300	B733	733			IL7			M82			
Boeing 737-700	B737	737			ILW			M83			
Fokker 100	F100	100			NIM			M87			
Fokker F-28	F28	F28			VCX			M88			
		TU3			C51						

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμου σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, ανάλογα με την απόσταση της πτήσης και εφαρμόζοντας γραμμική παρεμβολή. Η απόσταση που περιέχεται στον πίνακα είναι η πραγματική και συνεπώς θα έγινε πρώτα η προσαύξηση του μέγιστου τόξου και μετά η γραμμική παρεμβολή. Η βάση δεδομένων δίνει τη δυνατότητα για υπολογισμό των εκπομπών σε όλη τη διάρκεια της πτήσης αλλά και για κάθε φάση της ξεχωριστά (κύκλος προσγείωσης-απογείωσης, άνοδος, πτήση, κάθοδος).

Α320	Απόσταση διαδρομής πτήσης (nm) [1nm = 1.852 km]							
	125	250	500	750	1000	1500	2000	2500
Απόσταση (km)								
Άνοδος/εν πτήσει/κάθοδος	232	463,048	926	1389	1852	2778	3704	4630
Καύσιμα (kg)								
Σύνολο πτήσης	1644,4	2497,3	3660,6	4705,0	6027,2	8332,0	10865,9	13441,3
Κύκλος Απογείωσης-Προσγείωσης	802,3	802,3	802,3	802,3	802,3	802,3	802,3	802,3
Τροχοδρόμηση	167,3	167,3	167,3	167,3	167,3	167,3	167,3	167,3
Απογείωση	89,9	89,9	89,9	89,9	89,9	89,9	89,9	89,9
Άνοδος	232,5	232,5	232,5	232,5	232,5	232,5	232,5	232,5
Άνοδος/εν πτήσει/κάθοδος	842,1	1695,0	2858,3	3902,7	5224,9	7529,7	10063,6	12638,9
Προσέγγιση	145,4	145,4	145,4	145,4	145,4	145,4	145,4	145,4
Τροχοδρόμηση	167,3	167,3	167,3	167,3	167,3	167,3	167,3	167,3

Σχήμα 7.5: Κατανάλωση καυσίμου και εκπομπές ρύπων του αεροσκάφους A320 από τη βάση δεδομένων EMEP/CORINAIR.

Αφού γίνει ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου, είναι εφικτός και ο υπολογισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με βάση το συντελεστή εκπομπών. Σύμφωνα με την IPCC και την ευρωπαϊκή οδηγία 2009/339/ΕΚ σχετικά με την παρακολούθηση των εκπομπών και τονοχιλιομέτρων και την υποβολή εκθέσεων στα πλαίσια του ΣΕΔΕ, ανάλογα με το αεροπορικό καύσιμο χρησιμοποιούνται οι παρακάτω συντελεστές καυσίμων.

Πίνακας 7.4: Συντελεστές εκπομπών για τα αεροπορικά καύσιμα. [36]

Καύσιμο	Συντελεστής εκπομπών (tCO ₂ /καύσιμο)
Βενζίνη αεροπλάνων	3,10
Βενζίνη αεριωθουμένων	3,10
Κηροζίνη αεριωθουμένων	3,15

Επειδή το καύσιμο το οποίο χρησιμοποιείται περισσότερο στο τομέα των αερομεταφορών είναι η κηροζίνη, λαμβάνουμε συντελεστή εκπομπών ίσο με 3,15 tCO₂/t καυσίμου και επομένως οι εκπομπές CO₂ μιας πτήσης είναι ίσες με:

$$\text{Εκπομπές CO}_2 = 3,15 * \text{Κατανάλωση καυσίμου κατά την πτήση}$$

7.2.2 Υπολογισμός τονοχιλιομετρικών δεδομένων

Εκτός από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των πτήσεων από και προς την Ελλάδα, απαραίτητος είναι και ο υπολογισμός των τονοχιλιομετρικών δεδομένων του 2010. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2008/101/ΕΚ, ο αριθμός των δωρεάν δικαιωμάτων που θα λάβουν οι αεροπορικές εταιρείες το ισούται με τον αριθμό των τονοχιλιομέτρων που εκτέλεσαν το 2010 επί έναν συντελεστή σύγκρισης. Ο αριθμός των τονοχιλιομέτρων ισούται με:

$$\text{τονοχιλιομετρικά δεδομένα (t km)} = \text{απόσταση (km)} \times \text{ωφέλιμο φορτίο (t)}$$

όπου:

$$\text{Απόσταση [km]} = \text{απόσταση ορθοδρομίας [km]} + 95 \text{ km}$$

$$\text{Ωφέλιμο φορτίο (t)} = \text{μάζα φορτίου και ταχυδρομείου (t)} + \text{μάζα επιβατών και ελεγμένων αποσκευών (t)}$$

όπου:

- η απόσταση ορθοδρομίας καθορίζεται ως η βραχύτερη απόσταση μεταξύ δύο σημείων στην επιφάνεια της Γης (τόξο μέγιστου κύκλου).
- Η μάζα επιβατών και ελεγμένων αποσκευών μπορεί να υπολογιστεί με δύο τρόπους (βαθμίδες)

Βαθμίδα 1:

Χρησιμοποιείται προκαθορισμένη τιμή 100 kg για κάθε επιβάτη και τις ελεγμένες αποσκευές.

Βαθμίδα 2:

Χρησιμοποιείται η μάζα επιβατών και ελεγμένων αποσκευών που περιέχουν τα έγγραφα της τεκμηρίωσης της μάζας και του ισοζυγίου μάζας για κάθε πτήση.

Η απόσταση ορθοδρομίας υπολογίστηκε στο προηγούμενο βήμα με το πρόγραμμα Skyview και σε αυτήν προσθέτουμε τη σταθερά των 95 km για τον υπολογισμό της απόστασης. Το ωφέλιμο φορτίο υπολογίστηκε με τη χρήση της 1^{ης} βαθμίδας αφού δεν υπήρχαν στοιχεία διαθέσιμα για τη χρήση της 2^{ης} βαθμίδας. Συνεπώς, αφού αρχικά υπολογίστηκε ο αριθμός των επιβατών, εκτιμήθηκε και το ωφέλιμο φορτίο, ώστε να εξαχθούν τα τονοχιλιομετρικά δεδομένα.

Τα δεδομένα που λήφθηκαν από τη βάση δεδομένα της ΥΠΑ αφορούν μόνο τον τύπο αεροσκάφους ανά πτήση καθώς και τα αεροδρόμια αναχώρησης και άφιξης αλλά δεν περιέχουν στοιχεία σχετικά με τον αριθμό των επιβατών κάθε πτήσης. Για τον προσδιορισμό των επιβατών, ήταν απαραίτητος ο συντελεστής πληρότητας των πτήσεων για το 2010, ο οποίος δεν ήταν διαθέσιμος από τις δύο αεροπορικές εταιρείες. Οι μόνοι συντελεστές πληρότητας που ήταν διαθέσιμοι αφορούν τις πτήσεις εσωτερικού για δύο τυπικές εβδομάδες του 2008, μία εβδομάδα του Νοεμβρίου (17/11 έως 23/11) και μία εβδομάδα του Αυγούστου (11/8 έως 17/8) και με βάση αυτούς υπολογίστηκαν οι επιβάτες των πτήσεων. Συγκεκριμένα, έγινε η υπόθεση ότι για τις πτήσεις εσωτερικού οι συντελεστές πληρότητας του Αυγούστου ισχύουν για τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο και του Νοεμβρίου για τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο. Οι υπόλοιποι μήνες προσαρμόστηκαν έτσι ώστε να αντικατοπτρίζουν την εποχιακή αύξηση ή μείωση της επιβατικής

κίνησης. Σχετικά με τις πτήσεις του εξωτερικού, δεν υπήρχαν διαθέσιμοι συντελεστές πληρότητας από τις αεροπορικές εταιρείες οπότε έγινε η υπόθεση αυξημένου συντελεστή πληρότητας για τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο (80%), χαμηλού συντελεστή τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο (60%) και ενδιάμεσων συντελεστών τους υπόλοιπους μήνες.

Με βάση τους συντελεστές πληρότητας των πτήσεων, εκτιμούμε τον αριθμό των επιβατών για κάθε πτήση ως το γινόμενο του συντελεστή επί τη χωρητικότητα του αεροσκάφους. Σημειώνεται ότι, ο αριθμός των επιβατών όπως υπολογίστηκε με την παραπάνω μέθοδο, δεν παρουσιάζει σημαντική απόκλιση από τον πραγματικό αριθμό επιβατών των δύο εταιρειών για το έτος 2010. Συγκεκριμένα, για την Aegean Airlines η απόκλιση είναι της τάξης του 3,9% και για την Olympic Air 3,4%. Τα στοιχεία της επιβατικής κίνησης της Aegean Airlines λήφθηκαν από την ηλεκτρονική ιστοσελίδα της εταιρείας [60] όπου κάθε χρόνο δημοσιεύονται τα αποτελέσματα του προηγούμενου έτους. Για την Olympic Air αυτό δεν ήταν εφικτό, και συνεπώς ο πραγματικός αριθμός των επιβατών λήφθηκε από την Ένωση Ευρωπαϊκών Αεροπορικών Εταιρειών [62] (Association of European Airlines, AEA), η οποία δημοσιεύει μηνιαία στοιχεία σχετικά με την επιβατική κίνηση όλων των ευρωπαϊκών αεροπορικών εταιρειών. Με διαθέσιμο τον αριθμό των επιβατών κάθε πτήσης, υπολογίζουμε το ωφέλιμο φορτίο θεωρώντας 100 kg/επιβάτη, σύμφωνα με τη βαθμίδα 1.

Έχοντας πλέον υπολογίσει την απόσταση για κάθε πτήση καθώς και το ωφέλιμο φορτίο, μπορούμε να προσδιορίσουμε τα τονοχιλιόμετρα κάθε πτήσης και συνολικά για τις δύο αεροπορικές εταιρείες για το 2010.

Με βάση τα παραπάνω φτιάχνουμε μια νέα βάση δεδομένων η οποία περιέχει τα παρακάτω στοιχεία:

- Τον κωδικό της πτήσης.
- Τον τύπο του αεροσκάφους.
- Τα αεροδρόμια προέλευσης και προορισμού (κωδικοί κατά ICAO).
- Την απόσταση ορθοδρομίας μεταξύ των αεροδρομίων.
- Την απόσταση ορθοδρομίας αυξημένη κατά 9%.
- Το συντελεστή πληρότητας κάθε πτήσης.
- Τον αριθμό των επιβατών κάθε πτήσης.
- Το ωφέλιμο φορτίο.
- Τα τονοχιλιόμετρα κάθε πτήσης.
- Την κατανάλωση καυσίμου.
- Τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

7.2.3 Υπολογισμός δωρεάν δικαιωμάτων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο αριθμός των δωρεάν δικαιωμάτων που θα κατανεμηθούν σε κάθε φορέα εκμετάλλευσης αεροσκαφών θα καθοριστεί με βάση έναν συντελεστή σύγκρισης (benchmark). Ο συντελεστής αυτός επιλέχθηκε κατά το σχεδιασμό του ΣΕΔΕ έτσι ώστε να αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των αερομεταφορέων και να επιβραβεύονται οι αερομεταφορείς που είναι περισσότερο φιλικοί προς το περιβάλλον. Ο συντελεστής προκύπτει από τον τύπο:

Συντελεστής Σύγκρισης = Συνολικός Αριθμός Δωρεάν Δικαιωμάτων/Συνολικά Τονοχιλιόμετρα έτους παρακολούθησης

Ο συνολικός αριθμός των δωρεάν δικαιωμάτων ισούται με το 85% των συνολικών δικαιωμάτων προς κατανομή. Ο συνολικός αριθμός δικαιωμάτων ισούται με το 97% των ιστορικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα των αερομεταφορών. Τα συνολικά τονοχιλιόμετρα του έτους παρακολούθησης, δηλαδή του 2010, προκύπτουν από τα τονοχιλιομετρικά δεδομένα των αεροπορικών εταιρειών που περιλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ, όπως αυτά υποβλήθηκαν στην Επιτροπή μέχρι την 31^η Μαρτίου 2011. Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται ο συντελεστής σύγκρισης σε kg/RTK.

Ο αριθμός των δωρεάν δικαιωμάτων που θα λάβει κάθε αεροπορική εταιρεία προκύπτει από το γινόμενο του συντελεστή επί τον αριθμό των τονοχιλιομέτρων που εκτέλεσε ο φορέας το έτος παρακολούθησης, δηλαδή το 2010, και αφορά μόνο της πτήσεις από και προς τα αεροδρόμια της Ελλάδας. Δηλαδή:

Δωρεάν δικαιώματα φορέα = Συντελεστής Σύγκρισης x Τονοχιλιόμετρα 2010

Ο συντελεστής σύγκρισης αποτελεί θεμελιώδες μέγεθος για την κατανομή των δωρεάν δικαιωμάτων και ο προσδιορισμός του πρέπει να γίνει με μεγάλη ακρίβεια. Ωστόσο, ο ακριβής υπολογισμός του δεν μπορεί να γίνει στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας για τον κύριο λόγο ότι τα τονοχιλιόμετρα του 2010 των ευρωπαϊκών και μη ευρωπαϊκών εταιρειών που θα ενταχθούν στο σύστημα, δεν είναι διαθέσιμα στο ευρύ κοινό. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή σκοπεύει να ανακοινώσει το συντελεστή σύγκρισης μέχρι τις 30 Σεπτεμβρίου 2011.

Από τις μέχρι τώρα μελέτες που έχουν γίνει σχετικά με τις επιπτώσεις του ΣΕΔΕ στις αερομεταφορές, έχουν υπολογιστεί διάφοροι συντελεστές σύγκρισης με διαφορετική μεθοδολογία. Συγκεκριμένα, η μελέτη των Vespermann et al. (2010), η οποία περιγράφηκε στο κεφάλαιο 6, εκτίμησε το συντελεστή σύγκρισης στα 0,68 kgCO₂/RTK (RTK = Revenue Tonne Kilometre, επιβατοχιλιόμετρο) ενώ η μελέτη των Scheelhaase et al. (2010) υπολόγισε το συντελεστή περίπου ίσο με 0,61 kgCO₂/RTK. Επιπλέον, η ανάλυση των Schaefer et al. (2010) εκτίμησε το συντελεστή σύγκρισης στα ίδια επίπεδα, δηλαδή ίσο με 0,60 kgCO₂/RTK. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας και για να ληφθούν υπόψη όλες οι παραπάνω περιπτώσεις, η εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων έγινε για δύο σενάρια τιμών του συντελεστή σύγκρισης, συγκεκριμένα για :

- ✓ b = 0,60 kgCO₂/RTK
- ✓ b = 0,70 kgCO₂/RTK

Για καθέναν από τους παραπάνω συντελεστές και έχοντας υπολογίσει τα τονοχιλιόμετρα του 2010, υπολογίστηκαν τα δικαιώματα εκπομπών που θα λάβει κάθε αερομεταφορέας δωρεάν.

7.2.4 Σενάρια εκπομπών, επιβατικής κίνησης και τιμών δικαιωμάτων

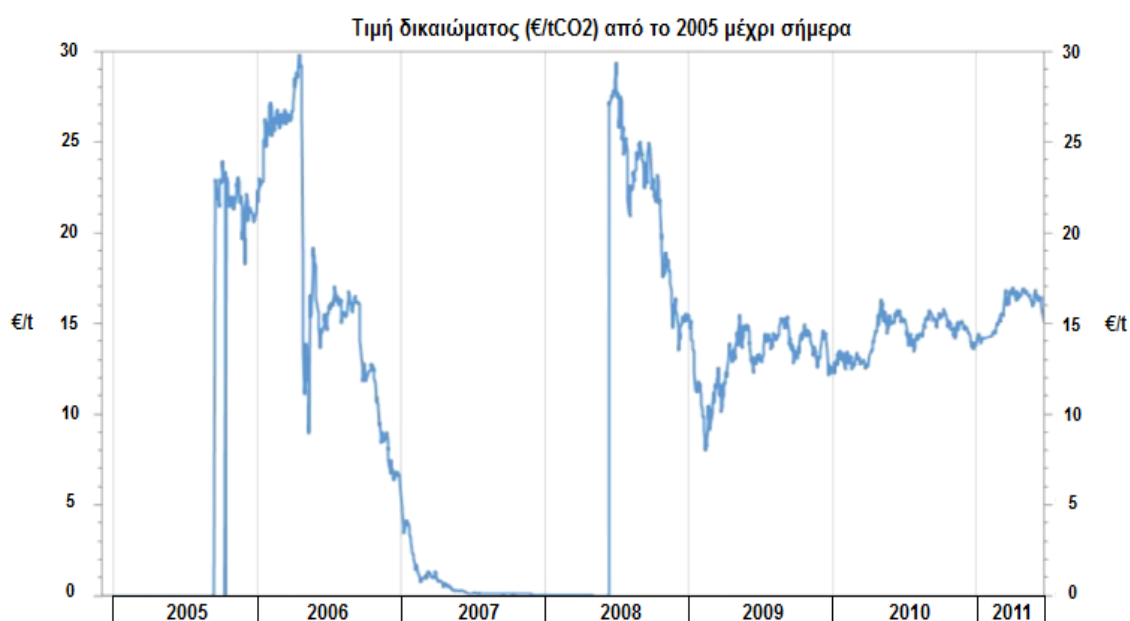
Το σύνολο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που θα εκπέμψει κάθε αερομεταφορέας το 2012 αποτελεί ουσιαστική παράμετρο για τον προσδιορισμό

του οικονομικού κόστους που θα επωμιστεί και άρα της οικονομικής επίπτωσης για τους επιβάτες. Το κόστος αυτό είναι ουσιαστικά το κόστος των επιπλέον δικαιωμάτων που θα πρέπει να καλύψει ο αερομεταφορέας όταν εξαντλήσει τα δωρεάν δικαιώματα. Γνωρίζοντας τις μελλοντικές συνολικές εκπομπές καθώς και τα δωρεάν δικαιώματα, δηλαδή τις «δωρεάν» εκπομπές το 2012, το οικονομικό κόστος θα προκύψει ως το γινόμενο των επιπλέον δικαιωμάτων επί την τιμή του δικαιώματος το 2012.

Ο προσδιορισμός των εκπομπών των αερομεταφορέων το 2012, θα βασιστεί στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα το 2010. Θεωρούμε δηλαδή ότι οι εκπομπές CO₂, όπως υπολογίστηκαν με την παραπάνω μεθοδολογία, δεν θα μεταβληθούν το 2012, ή ακόμα και αν μεταβληθούν, η μεταβολή δεν θα είναι σημαντική ώστε να επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό το κόστος των επιπλέον δικαιωμάτων.

Το κόστος απόκτησης των επιπλέον δικαιωμάτων, όπως είναι φυσικό, θα επιμεριστεί στους επιβάτες. Συνεπώς, πρέπει να γνωρίζουμε την επιβατική κίνηση που θα διαμορφωθεί το 2012 έτσι ώστε να υπολογιστεί η αύξηση στις τιμές των εισιτηρίων. Όμοια με παραπάνω, θεωρούμε ότι η επιβατική κίνηση δεν θα μεταβληθεί σημαντικά το 2012 και έτσι οι εκτιμήσεις θα γίνουν με βάση τους επιβάτες των δύο εταιρειών το 2010.

Μία ακόμα σημαντική παράμετρος για τον υπολογισμό του κόστους των επιπλέον δικαιωμάτων, είναι η τιμή του δικαιώματος το 2012. Οι αεροπορικές εταιρείες, με βάση τον αριθμό των δικαιωμάτων που θα λάβουν δωρεάν, θα πρέπει να αγοράσουν το 2012 επιπλέον δικαιώματα για να καλύψουν τις εκπομπές τους. Σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα, μέχρι σήμερα η τιμή των δικαιωμάτων έχει παρουσιάσει μεγάλες διακυμάνσεις φτάνοντας μέχρι και τα 30 €/tCO₂. Την περίοδο αυτή (Ιούνιος 2011), η τιμή του δικαιώματος κυμαίνεται στα 15 €/tCO₂.



Σχήμα 7.6: Διακύμανση της τιμής των δικαιωμάτων από το 2005 μέχρι σήμερα. [26]

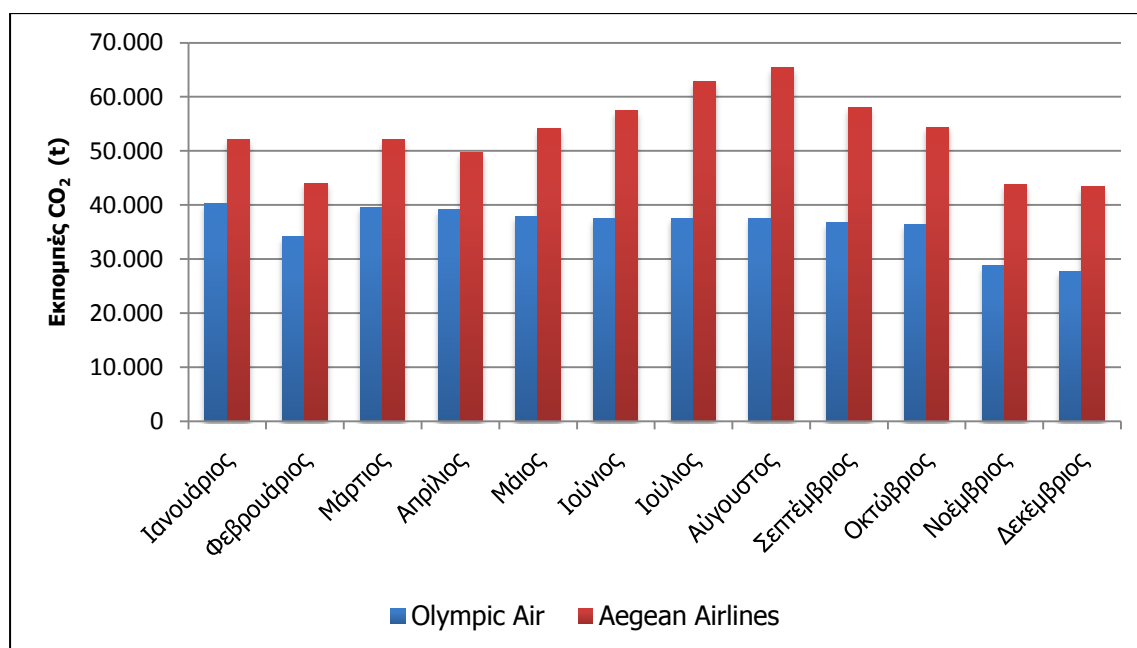
Σύμφωνα με την ανάλυση επιπτώσεων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η ένταξη των αερομεταφορών στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων δεν αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά την τιμή των δικαιωμάτων. Αυτό συμβαίνει διότι ο τομέας των αερομεταφορών οφείλεται μόλις για το 3% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, συνεπώς ο αριθμός των επιπλέον δικαιωμάτων που θα χρειαστεί για να καλύψει τις εκπομπές του θα είναι πολύ μικρός σε σχέση με τον όγκο των δικαιωμάτων που συναλλάσσονται μεταξύ των υπόλοιπων τομέων που ανήκουν στο ΣΕΔΕ. Επιπλέον, η Point Carbon η οποία ασχολείται με τα ενεργειακά χρηματιστήρια, εκτιμά την τιμή των δικαιωμάτων για το 2012 στα 15 €/tCO₂.

Με βάση τα παραπάνω, για την εκτίμηση του επιπλέον κόστους επιλέχθηκε τιμή δικαιώματος ίση με 15€/t CO₂.

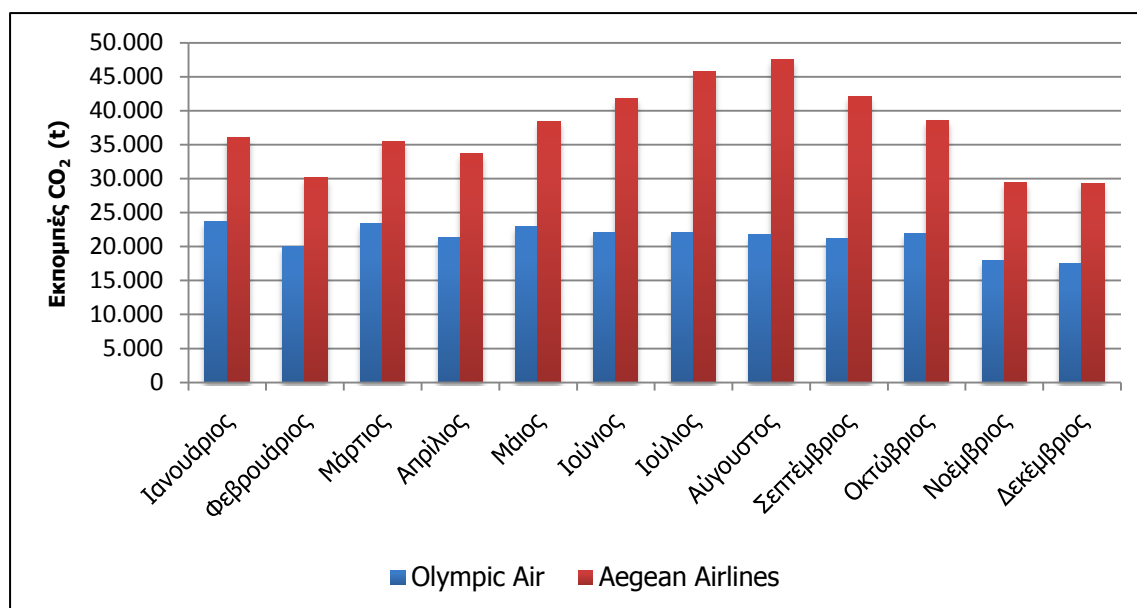
7.3 Αποτελέσματα

7.3.1 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

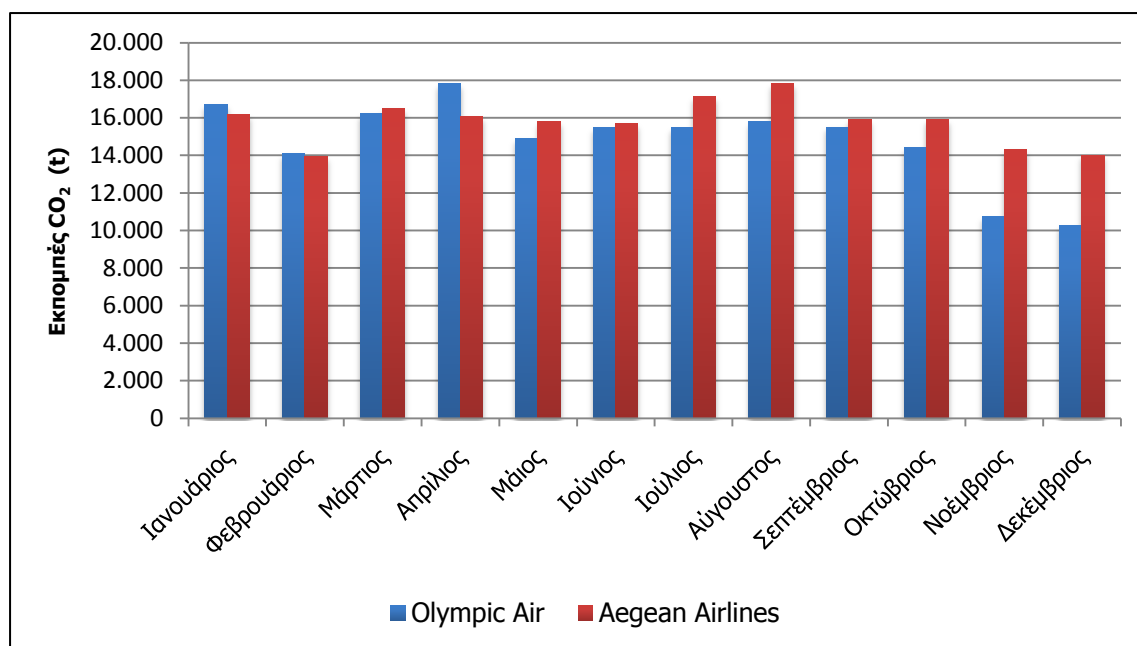
Το σχήμα απεικονίζει τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για τους δύο αερομεταφορείς για το 2010, όπως αυτές προέκυψαν από την ανάλυση. Αφού υπολογίστηκαν οι εκπομπές, διαχωρίστηκαν στη συνέχεια σε εκπομπές από τις πτήσεις του εσωτερικού και του εξωτερικού.



Σχήμα 7.7: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (t) του έτους 2010 για τους εξεταζόμενους ελληνικούς αερομεταφορείς.

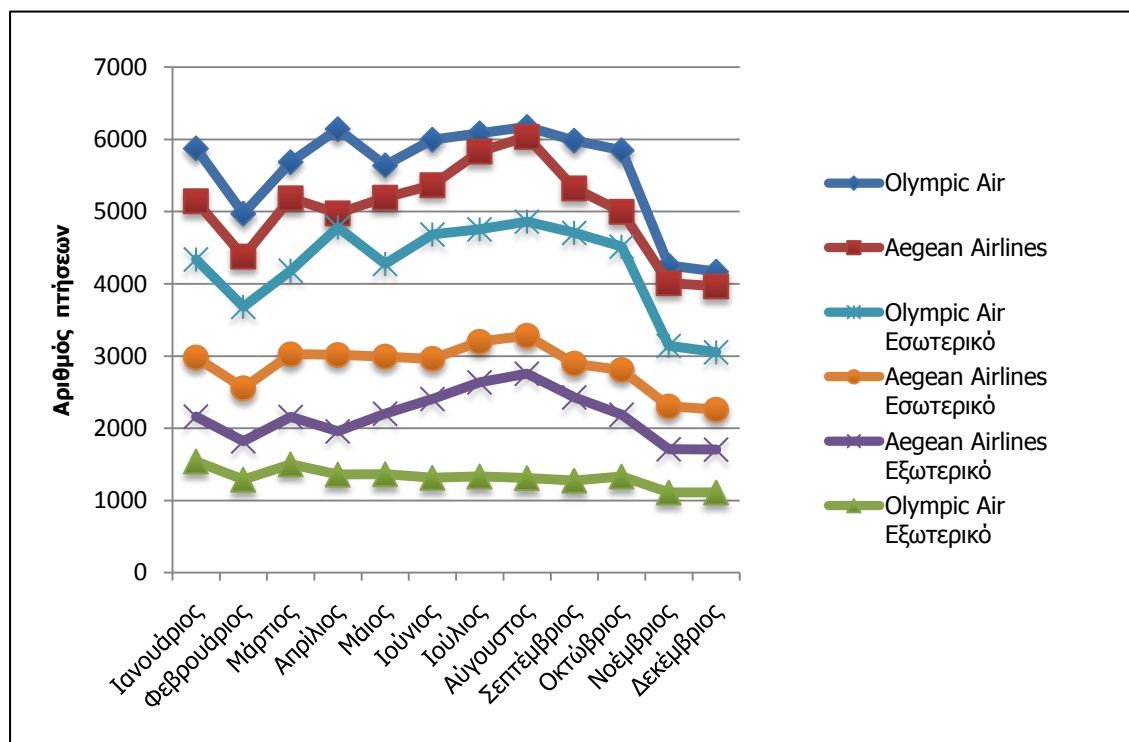


Σχήμα 7.8: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (t) των πτήσεων εξωτερικού του έτους 2010 για τους εξεταζόμενους ελληνικούς αερομεταφορείς.



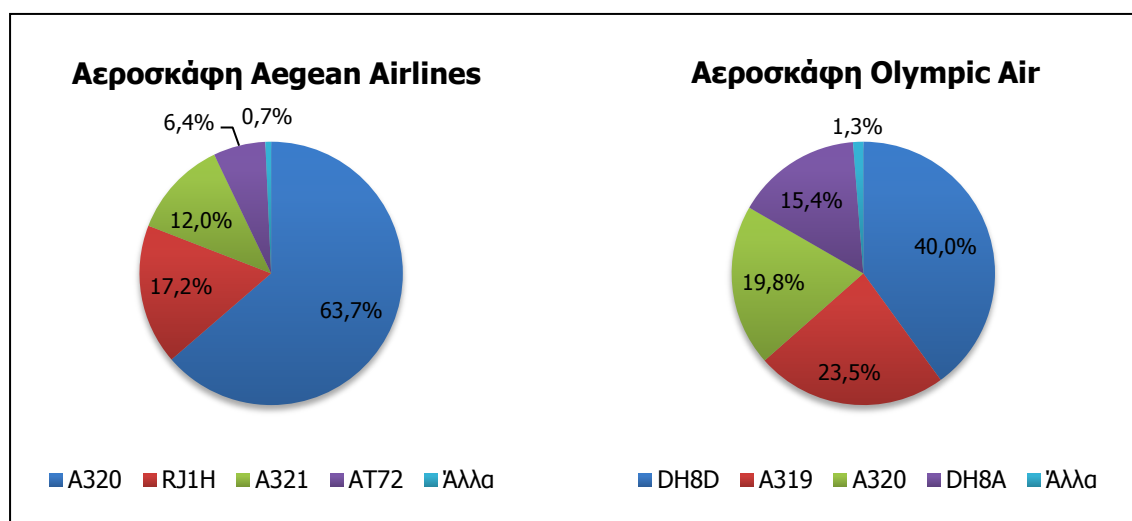
Σχήμα 7.9: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (t) των πτήσεων εσωτερικού του έτους 2010 για τους εξεταζόμενους ελληνικούς αερομεταφορείς.

Ο μεγαλύτερος αριθμός εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα των πτήσεων του εξωτερικού της Aegean Airlines οφείλεται μερικώς στο ότι οι πτήσεις που εκτέλεσε το 2010 είναι περισσότερες από εκείνες της Olympic Air, όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα. Οι εκπομπές των πτήσεων του εσωτερικού ήταν λίγο μεγαλύτερες για την Aegean σε σχέση με τις εκπομπές της Olympic, παρόλο που οι πτήσεις εσωτερικού της πρώτης είναι λιγότερες σε σχέση με τις πτήσεις της δεύτερης.



Σχήμα 7.10: Αριθμός πτήσεων (σύνολο, εσωτερικού, εξωτερικού) του έτους 2010 για τους εξεταζόμενους ελληνικούς αερομεταφορείς.

Καθοριστικό ρόλο στις εκπομπές παίζει η σύνθεση του στόλου των αεροσκαφών που χρησιμοποιεί ένας αερομεταφορέας. Από τα συλλεγμένα δεδομένα, ήταν δυνατή η εξέταση του είδους των αεροσκαφών που χρησιμοποιεί κάθε αεροπορική εταιρεία, τόσο στα δρομολόγια εσωτερικού όσο και στο εξωτερικό.

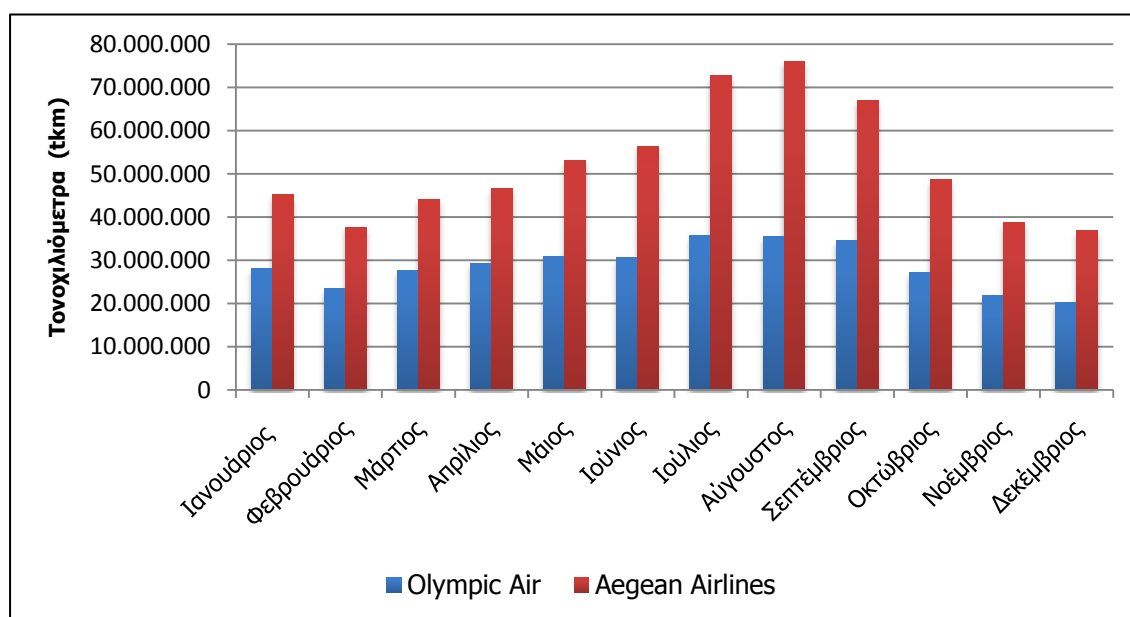


Σχήμα 7.11: Ποσοστό χρήσης αεροσκαφών για το σύνολο των διαδρομών ανά εξεταζόμενο αερομεταφορέα.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των δρομολογίων της Aegean, τόσο του εξωτερικού όσο και του εσωτερικού, εκτελείται από το αεροσκάφος A320 της εταιρείας Airbus, και σε μικρότερα ποσοστά από άλλους τύπους αεροσκαφών, όπως το RJ1H (Avro RJ-100 Airliner), το A321 και το AT72 (ATR 72), το οποίο είναι ελικοφόρο (turboprop) και περισσότερο φιλικό προς το περιβάλλον. Αντίθετα, η Olympic Air χρησιμοποιεί σε μεγάλο ποσοστό το αεροσκάφος DH8D (Bombardier Q400) το οποίο είναι ελικοφόρο και χρησιμοποιείται για τις πτήσεις εσωτερικού και για κοντινούς προορισμούς εξωτερικού, και σε ποσοστό 19,8% το A320. Η χωρητικότητά του DH8D είναι μικρότερη από αυτήν του A320 (78 επιβατικές θέσεις έναντι 168 θέσεων του A320). Σε μικρότερα ποσοστά χρησιμοποιούνται το A320 (για τα δρομολόγια του εξωτερικού) και το DH8A (Dash-100 Bombardier) το οποίο και αυτό είναι ελικοφόρο και εκτελεί δρομολόγια σε αεροδρόμια εσωτερικού με μικρού μήκους διάδρομο καθότι αποτελούν το μοναδικό τύπο αεροσκάφους κατάλληλο για να εξυπηρετήσει τα αεροδρόμια της Μήλου, της Πάρου, και του Καστελόριζου.

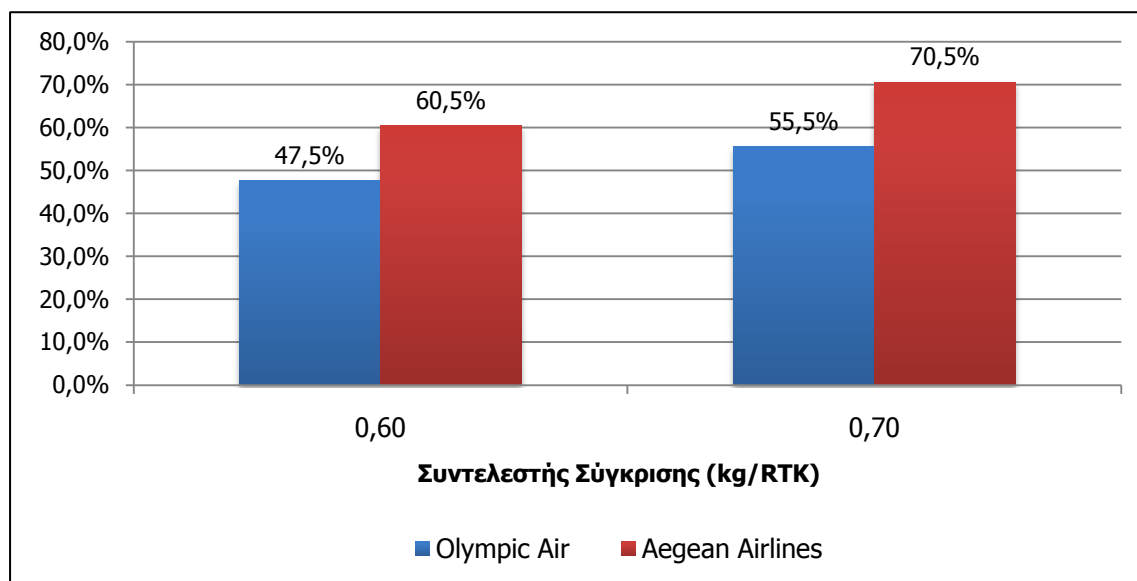
7.3.2 Τονοχιλιομετρικά δεδομένα

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα τονοχιλιόμετρα ισούνται με το φορτίο κάθε πτήσης επί την απόσταση ορθοδρομίας συν έναν πρόσθετο συντελεστή 95 km. Το σύνολο των τονοχιλιομέτρων το 2010 θα καθορίσει και το ποσοστό των δωρεάν δικαιωμάτων, δηλαδή το ποσοστό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που θα μπορέσουν να εκπέμψουν δωρεάν οι αερομεταφορείς. Η εταιρεία με τα περισσότερα τονοχιλιόμετρα θα λάβει μεγαλύτερο ποσοστό δικαιωμάτων. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα τονοχιλιόμετρα των δύο αερομεταφορέων όπως υπολογίστηκαν με τη μεθοδολογία που περιγράφηκε.



Σχήμα 7.12: Αριθμός τονοχιλιομέτρων που εκτέλεσαν το έτος 2010 οι εξεταζόμενοι αερομεταφορείς.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των τονοχιλιόμετρων που εκτελεί ένας αερομεταφορέας το έτος παρακολούθησης, τόσο μεγαλύτερο αριθμό δωρεάν δικαιωμάτων θα λάβει την περίοδο εμπορίας. Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, η Aegean Airlines εκτέλεσε περισσότερα τονοχιλιόμετρα το 2010, οπότε αναμένεται να λάβει μεγαλύτερο αριθμό δωρεάν δικαιωμάτων σε σχέση με την Olympic. Ανάλογα με το συντελεστή σύγκρισης για τον οποίο έχουν ληφθεί δύο σενάρια, τα ποσοστά των δωρεάν δικαιωμάτων που θα κατανεμηθούν σε σχέση με τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα το 2012 για κάθε εταιρεία, απεικονίζονται στο σχήμα 7.12.



Σχήμα 7.13: Ποσοστό δωρεάν δικαιωμάτων σε σχέση με τις συνολικές εκπομπές, που θα λάβουν οι εξεταζόμενοι αερομεταφορείς το 2012.

Όπως είναι αναμενόμενο, όσο αυξάνεται ο συντελεστής σύγκρισης οι αεροπορικές εταιρείες λαμβάνουν μεγαλύτερο αριθμό δωρεάν δικαιωμάτων. Για αυτό άλλωστε ο συντελεστής αποτελεί πολύ σημαντική παράμετρο, καθώς μία μεγάλη τιμή του μπορεί να οδηγήσει σε κατανομή περισσότερων δικαιωμάτων από αυτά που χρειάζονται οι αερομεταφορείς, ενώ μία πολύ μικρή τιμή θα οδηγήσει σε πολύ μεγάλο κόστος απόκτησης δικαιωμάτων.

7.3.3 Κόστος απόκτησης δικαιωμάτων και εκτιμώμενη αύξηση των τιμών των εισιτηρίων

Γνωρίζοντας το ποσοστό των δικαιωμάτων που θα αγοράσουν οι αερομεταφορείς, εκτιμούμε το οικονομικό κόστος. Όπως είναι αναμενόμενο, η εταιρεία με τις περισσότερες εκπομπές θα επωμιστεί και το μεγαλύτερο κόστος, δηλαδή η Aegean Airlines. Σύμφωνα με την αναμενόμενη τιμή δικαιώματος που έχουμε λάβει, ίση με 15€/tCO₂ και τα σενάρια των συντελεστών σύγκρισης, διαμορφώνεται το κόστος αγοράς των επιπλέον δικαιωμάτων.

Πίνακας 7.5: Εκτιμώμενο κόστος απόκτησης δικαιωμάτων για τα δύο σενάρια των συντελεστή σύγκρισης και τιμή δικαιώματος 15 €/tCO₂.

		Κόστος απόκτησης δικαιωμάτων (15 €/tCO ₂)	
		Olympic Air	Aegean Airlines
Συντελεστής Σύγκρισης (kg/RTK)	0,60	3.322.954 €	3.761.683 €
	0,70	2.821.105 €	2.803.196 €

Το παραπάνω κόστος αναμένεται να μετακυληθεί πλήρως στους επιβάτες με τη μορφή αύξησης της τιμής των εισιτηρίων. Η αύξηση αυτή δεν θα είναι ίδια για όλες τις διαδρομές και προφανώς οι επιβάτες που διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις, δηλαδή των οποίων η πτήση εκπέμπει περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα, θα επιβαρυνθούν πιο πολύ σε σχέση με εκείνους που διανύουν μικρότερες αποστάσεις.

Ο υπολογισμός του επιπλέον κόστους που θα επωμιστούν οι επιβάτες έγινε με βάση το κόστος ανά επιβατοχιλιόμετρο. Έχοντας διαθέσιμο τον αριθμό των επιβατών για κάθε πτήση και την απόσταση πτήσης, υπολογίστηκε ο αριθμός επιβατοχιλιομέτρων κάθε πτήσης ως το γινόμενο των παραπάνω παραμέτρων. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο συνολικός αριθμός επιβατοχιλιομέτρων κάθε αερομεταφορέα. Το κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων επιμερίστηκε στους επιβάτες διαιρώντας το με το συνολικό αριθμό των επιβατοχιλιομέτρων. Με αυτόν τον τρόπο, υπολογίζεται ένα μέσο κόστος ανά επιβατοχιλιόμετρο, και στη συνέχεια το μέσο κόστος για κάθε επιβάτη μίας πτήσης ανάλογα με την απόσταση που διανύει.

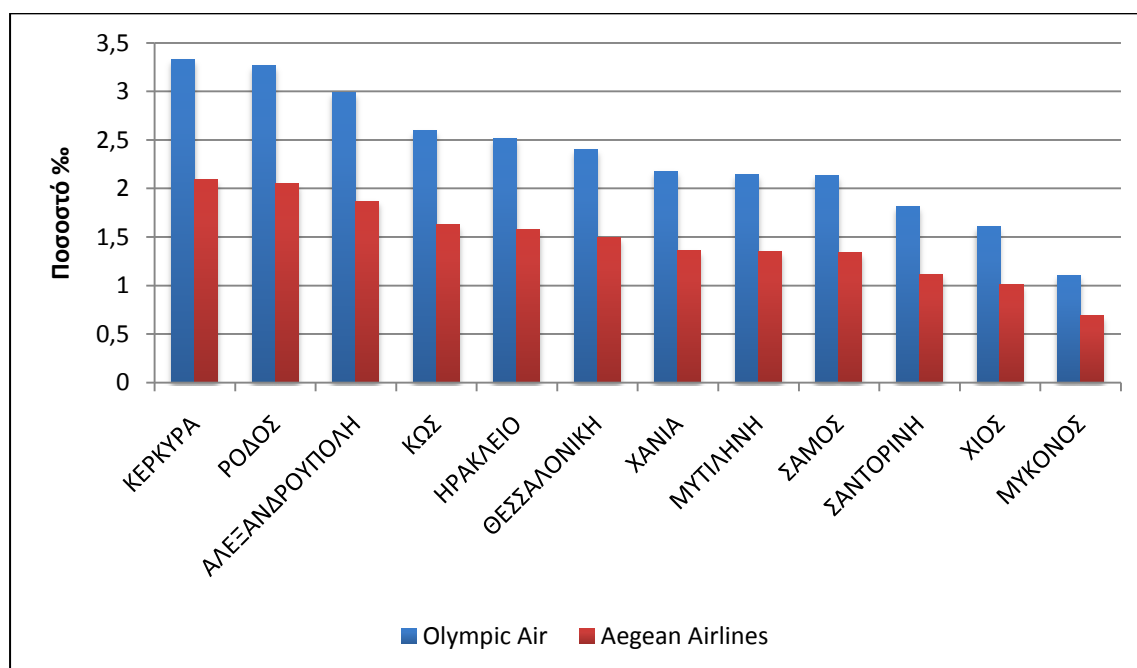
Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμοσμένης μεθοδολογίας για τις δύο αεροπορικές εταιρείες και για τους δύο συντελεστές σύγκρισης. Το κόστος ανά επιβάτη υπολογίστηκε για μία ενδεικτική απόσταση προκειμένου να γίνει πιο κατανοητό το μέγεθος των οικονομικών επιπτώσεων στις τιμές των εισιτηρίων. Επιλέχθηκε η διαδρομή Αθήνα – Κέρκυρα με απόσταση 415 km (προσαρμοσμένη κατά 9%) και τιμή εισιτηρίου 133,64€ (οικονομική θέση χωρίς περιορισμούς).

Πίνακας 7.6: Αποτελέσματα της ανάλυσης επιπτώσεων για τους εξεταζόμενους αερομεταφορείς.

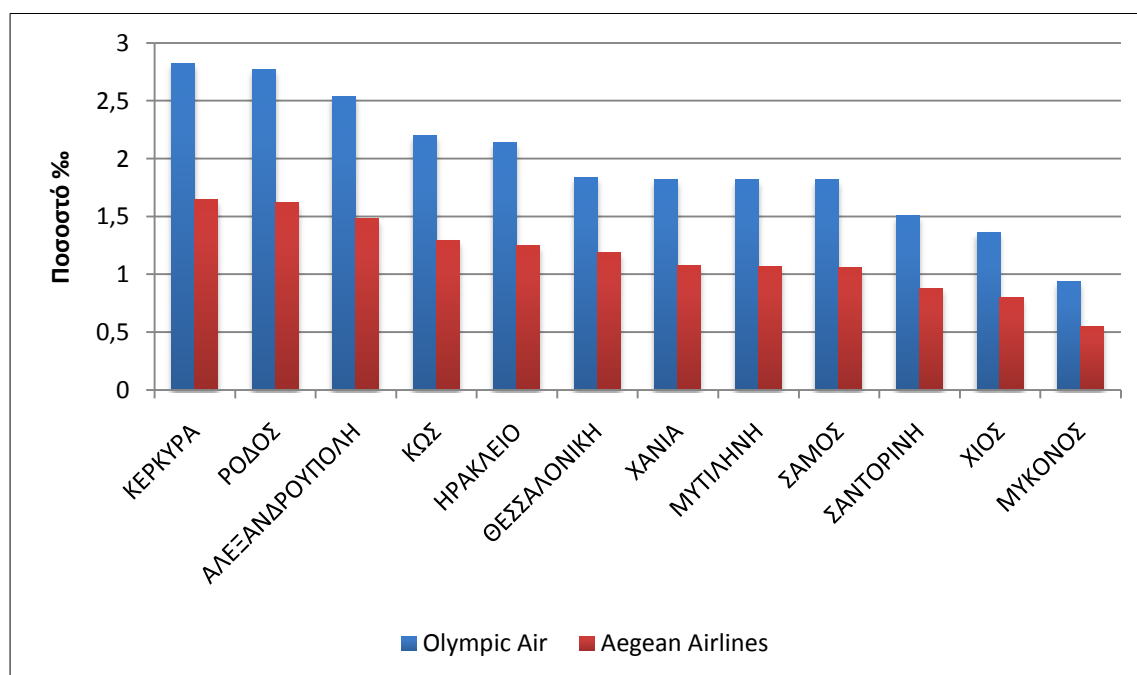
<u>Συντελεστής σύγκρισης 0,60 kg/RTK</u>	Olympic Air	Aegean Airlines
<i>Σενάριο μηδενικής αύξησης εκπομπών και επιβατικής κίνησης</i>		
Εκπομπές CO ₂ (t)	422.270	634.174
Δωρεάν δικαιώματα (t)	200.740	383.395
Επιπλέον δικαιώματα (t)	221.530	250.779
Ποσοστό δωρεάν δικαιωμάτων	47,50%	60,50%
Κόστος επιπλέον δικαιωμάτων (15 €/tCO ₂ , €)	3.322.954	3.761.683
Ποσοστό επί των κερδών (2010)	0,99%	0,64%
Κόστος επιπλέον δικαιωμάτων ανά επιβατοχιλιόμετρο (€/RPK)	0,001	0,0006
Κόστος επιπλέον δικαιωμάτων ανά επιβάτη σε € (415 km)	0,45	0,29
Ποσοστό επί της τελικής τιμής εισιτηρίου	0,34%	0,22%
<u>Συντελεστής σύγκρισης 0,70 kg/RTK</u>		
<i>Σενάριο μηδενικής αύξησης εκπομπών και επιβατικής κίνησης</i>		
Εκπομπές CO ₂ (t)	422.270	634.174
Δωρεάν δικαιώματα (t)	234.196	448.974
Επιπλέον δικαιώματα (t)	188.074	185.200
Ποσοστό δωρεάν δικαιωμάτων	55,46%	70,80%
Κόστος επιπλέον δικαιωμάτων (15 €/tCO ₂ , €)	2.821.105	2.778.000
Ποσοστό επί των κερδών (2010)	0,85%	0,48%
Κόστος επιπλέον δικαιωμάτων ανά επιβατοχιλιόμετρο (€/RPK)	0,0008	0,0005
Κόστος επιπλέον δικαιωμάτων ανά επιβάτη σε € (415 km)	0,38	0,22
Ποσοστό επί της τελικής τιμής εισιτηρίου	0,28%	0,16%

Ενώ το κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων είναι μεγαλύτερο για την Aegean, η μέση αύξηση στις τιμές των εισιτηρίων είναι μικρότερη σε σχέση με της Olympic Air αφού το ποσό μοιράζεται σε μεγαλύτερο αριθμό επιβατών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο συνολικός αριθμός των επιβατών το 2010 προσδιορίζεται στα 6.230.000 επιβάτες και της Olympic Air στα 4.500.000.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η ποσοστιαία αύξηση των τιμών των εισιτηρίων το 2012 για τα δύο σενάρια των συντελεστών σύγκρισης και για τιμή δικαιώματος 15 €/tCO₂. Οι τιμές αναφέρονται στις πτήσεις από Αθήνα και αφορούν τις κοινές διαδρομές εσωτερικού των δύο αεροπορικών εταιρειών για να γίνει πιο ευχερής η μεταξύ τους σύγκριση.



Σχήμα 7.14: Ποσοστιαία αύξηση της τιμής των εισιτηρίων για τις κοινές πτήσεις εσωτερικού (από Αθήνα) των εξεταζόμενων αερομεταφορέων και για συντελεστή σύγκρισης $b = 0,60 \text{ kg/RTK}$.

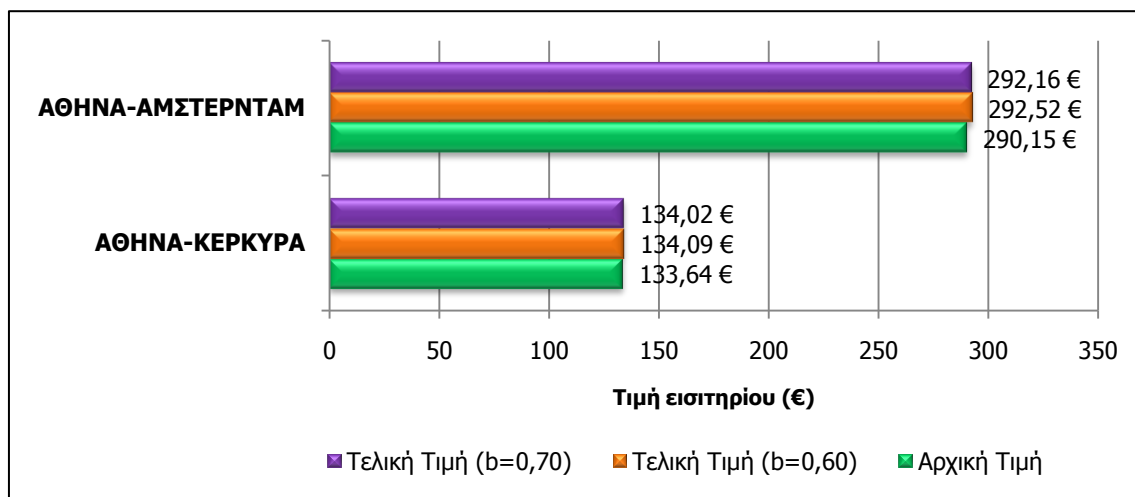


Σχήμα 7.15: Ποσοστιαία αύξηση της τιμής των εισιτηρίων για τις κοινές πτήσεις εσωτερικού (από Αθήνα) των εξεταζόμενων αερομεταφορέων και για συντελεστή σύγκρισης $b = 0,70 \text{ kg/RTK}$.

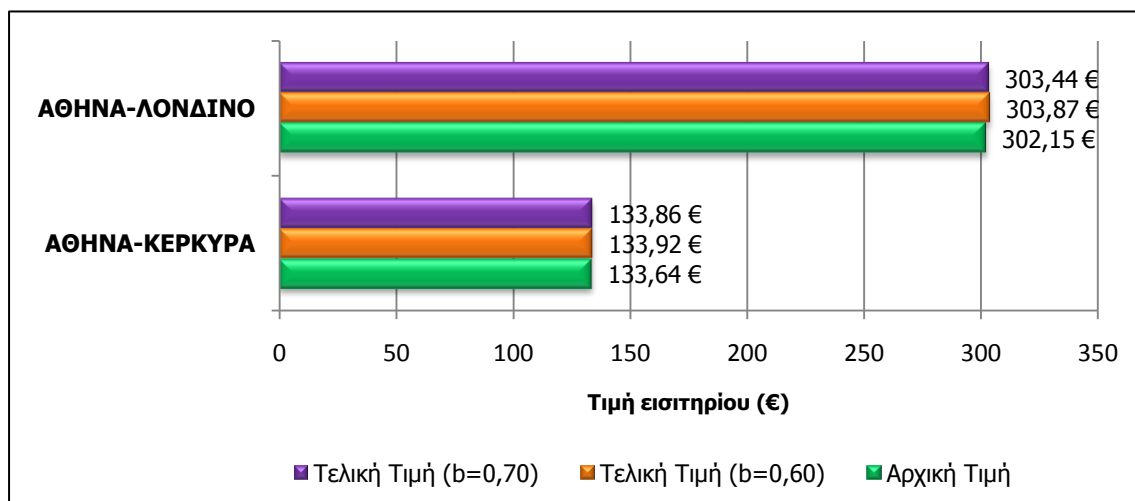
Οι παραπάνω αποστάσεις παρουσιάζονται κατά φθίνουσα απόσταση. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση τόσο μεγαλύτερη και η αύξηση στην τιμή του

εισιτηρίου. Επιπλέον, μεγαλύτερη αύξηση στις τιμές παρουσιάζεται για την Olympic Air καθώς το κόστος επιμερίζεται σε μικρότερο αριθμό επιβατών.

Στη συνέχεια, εξετάζεται η αύξηση στη τιμή των εισιτηρίων για κάποιες χαρακτηριστικές διαδρομές, εσωτερικού και εξωτερικού. Για την Olympic Air επιλέχθηκε η πτήση Αθήνα-Κέρκυρα και η πτήση Αθήνα-Άμστερνταμ, ενώ για την Aegean Airlines οι πτήσεις Αθήνα-Κέρκυρα και Αθήνα-Λονδίνο.



Σχήμα 7.16: Τιμές εισιτηρίων Olympic Air πριν και μετά την ένταξη των αερομεταφορών στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ, για χαρακτηριστικές διαδρομές εσωτερικού και εξωτερικού.



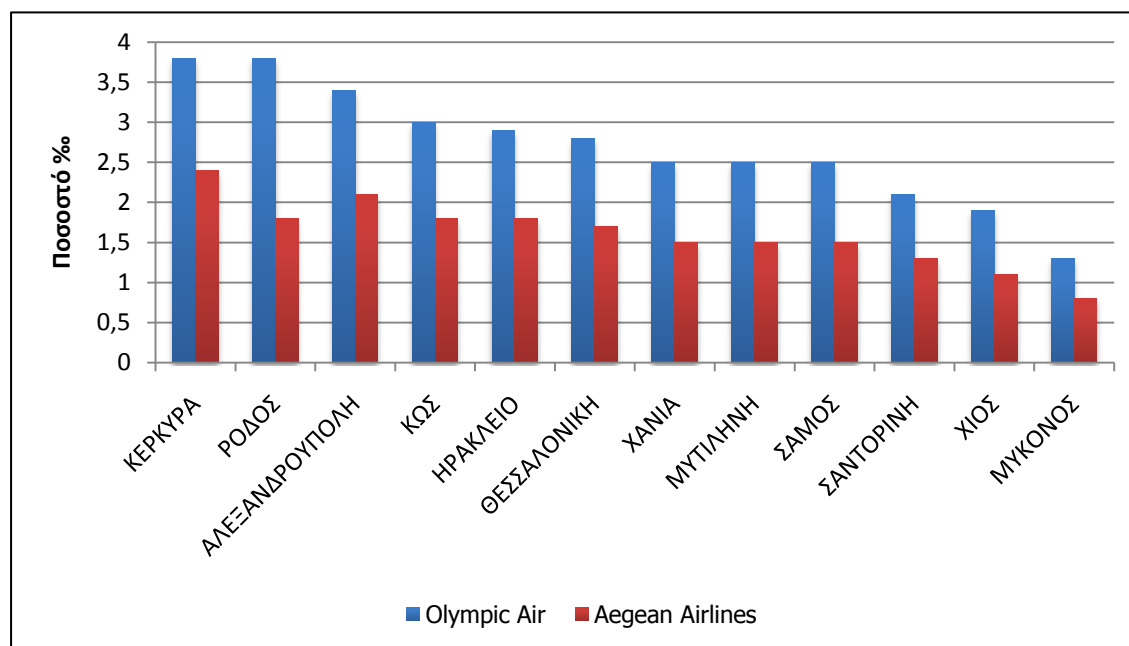
Σχήμα 7.17: Τιμές εισιτηρίων Aegean Airlines πριν και μετά την ένταξη των αερομεταφορών στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ, για χαρακτηριστικές διαδρομές εσωτερικού και εξωτερικού.

7.3.4 Επιπτώσεις στη ζήτηση

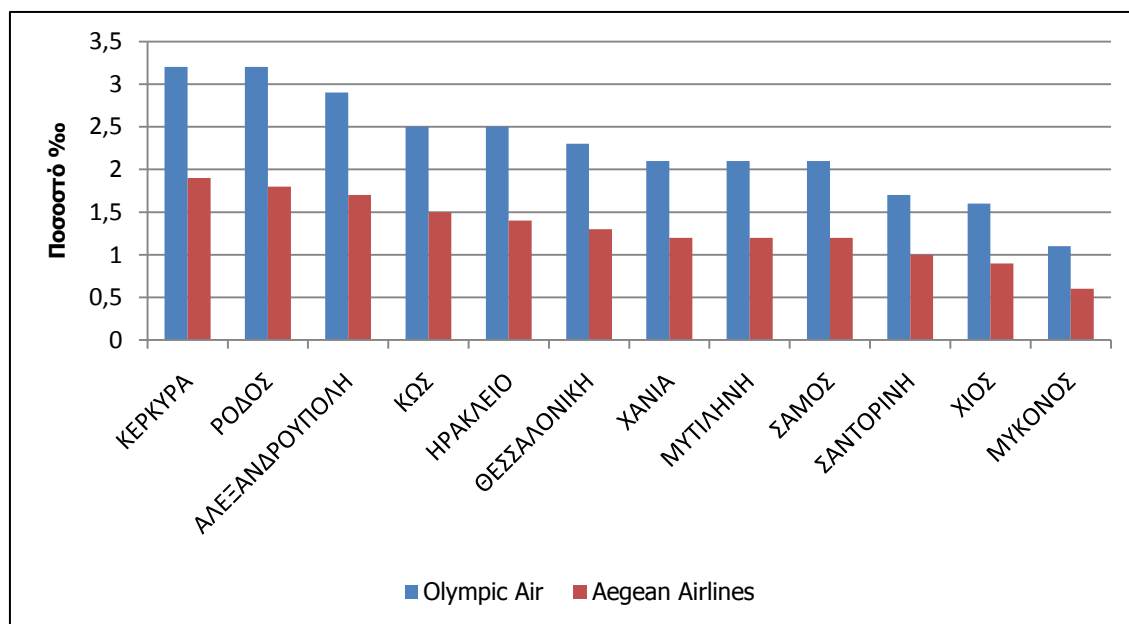
Όπως είναι αναμενόμενο, μία αύξηση της τιμής του εισιτηρίου ενδεχομένως να προκαλέσει μείωση της ζήτησης για τις αερομεταφορές.

Σύμφωνα με την ανάλυση της Ευρωπαϊκής επιτροπής (SEC, 2006), η ένταξη των αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ δεν θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στη ζήτηση.

Για τον προσδιορισμό της μείωσης της ζήτησης, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την τιμή, η οποία απεικονίζει τη μεταβολή της ζήτησης όταν μεταβάλλεται η τιμή των εισιτηρίων. Η ελαστικότητα εξαρτάται από παραμέτρους όπως η απόσταση ταξιδιού και η θέση κράτησης (οικονομική ή διακεκριμένη), με τους επιβάτες των διακεκριμένων θέσεων να είναι λιγότερο ελαστικοί σε μεταβολές των τιμών, καθώς και από το επιχειρηματικό μοντέλο της εταιρείας. Για την ανάλυση, επιλέχθηκαν οι τιμές της ελαστικότητας σύμφωνα με τη μελέτη των Gillen et al. (2004), οι οποίοι κατέγραψαν τις τιμές της ελαστικότητας ανά διάρκεια πτήσης (μικρή, μεσαία, μεγάλη) και ανάλογα με το σκοπό του ταξιδιού (αναψυχής ή επιχειρηματικό), σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τις μελέτες που έχουν συνταχθεί σχετικά με την εκτίμηση της ελαστικότητας της ζήτησης, οι Gillen et al. προσδιόρισαν την ελαστικότητα για τις διαδρομές μικρής και μεσαίας διάρκειας (απόσταση πτήσης μικρότερη από 1500 μίλια) στο -1,15, οπότε με βάση αυτή την τιμή και γνωρίζοντας το ποσοστό αύξησης της τιμής των εισιτηρίων κάθε διαδρομής, υπολογίστηκε και η αντίστοιχη μείωση της ζήτησης. Στα παρακάτω διαγράμματα, παρουσιάζεται η εκτιμώμενη μείωση της ζήτησης στις κοινές πτήσεις εσωτερικού των δύο αεροπορικών εταιρειών για τα δύο σενάρια των συντελεστών σύγκρισης και για τιμή δικαιώματος 15€/tCO₂.



Σχήμα 7.18: Πιθανή μείωση της ζήτησης, λόγω της ένταξης των αερομεταφορών στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ, για τις κοινές πτήσεις εσωτερικού (από Αθήνα) των εξεταζόμενων αερομεταφορέων και για συντελεστή σύγκρισης $b = 0,60 \text{ kg/RTK}$.



Σχήμα 7.19: Πιθανή μείωση της ζήτησης, λόγω της ένταξης των αερομεταφορών στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ, για τις κοινές πτήσεις εσωτερικού (από Αθήνα) των εξεταζόμενων αερομεταφορέων και για συντελεστή σύγκρισης $b = 0,70 \text{ kg/RTK}$.

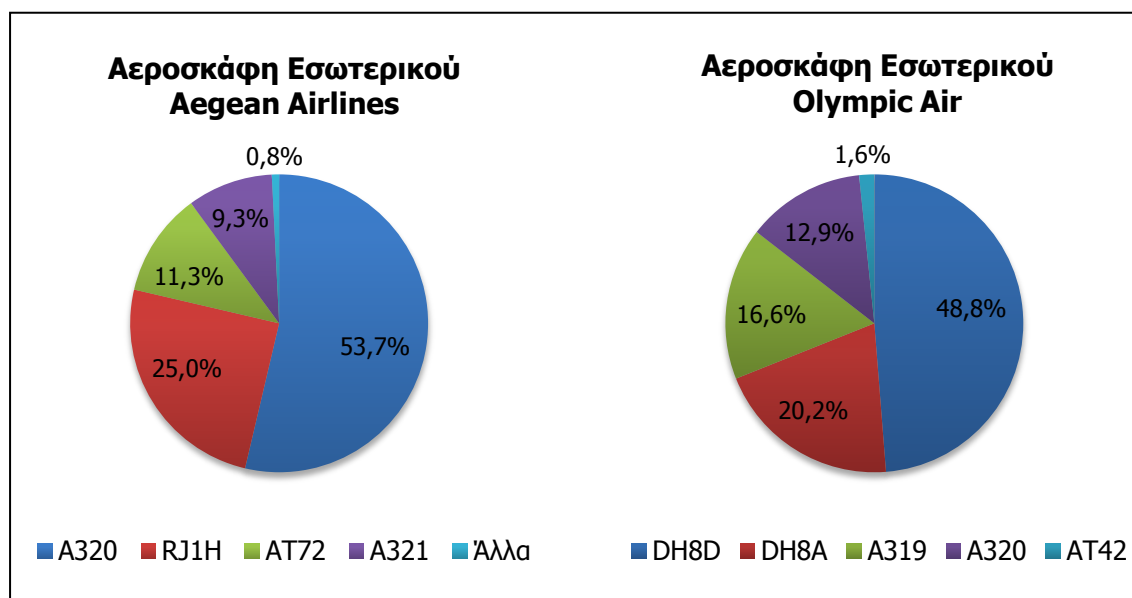
Η μεγαλύτερη ποσοστιαία αύξηση των τιμών των εισιτηρίων στην περίπτωση της Olympic Air μεταφράζεται σε μεγαλύτερη μείωση στη ζήτηση, τόσο στις πτήσεις εσωτερικού όσο και στου εξωτερικού. Λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο τις κοινές διαδρομές, υπολογίζεται ότι κατά μέσο όρο η μείωση των πτήσεων εσωτερικού θα είναι 0,32% για την Olympic Air και 0,17% για την Aegean, για συντελεστή 0,60 kg/RTK. Για συντελεστή 0,70 kg/RTK, η μείωση θα είναι 0,27% και 0,13% αντίστοιχα. Για τις πτήσεις εξωτερικού η μείωση θα είναι 0,50% για την Olympic και 0,46% για την Aegean, ενώ για συντελεστή 0,70 η μείωση θα είναι 0,43% και 0,35% αντίστοιχα.

7.4 Αντικατάσταση αεροσκαφών και εκτιμώμενη μείωση του κόστους απόκτησης δικαιωμάτων

Ο σκοπός της επέκτασης του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων ώστε να συμπεριληφθεί ο τομέας των αερομεταφορών, αποτελεί μέτρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο της δέσμευσης της για μείωση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου έως 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, μέχρι το 2020. Συνεπώς, σκοπός του συστήματος δεν είναι μόνο η επιβολή επιπλέον κόστους για τις εκπομπές αλλά και η μακροπρόθεσμη μείωση τους. Ο γενικότερος στόχος του ΣΕΔΕ είναι να δοθούν οικονομικά κίνητρα στις αεροπορικές εταιρείες ώστε να μειώσουν τις εκπομπές τους με άλλους τρόπους πιο οικονομικούς από την απόκτηση των δικαιωμάτων, καθώς το κόστος αυτός θα αυξάνεται όλο και πιο πολύ με την πάροδο του χρόνου. Μία αεροπορική εταιρεία η οποία χρειάζεται αυξημένο αριθμό δικαιωμάτων για να καλύψει τις εκπομπές τις και επομένως θα επωμιστεί μεγαλύτερο κόστος, θα καταφύγει σε άλλα μέτρα για την μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης των πτήσεων της. Ένα από αυτά τα μέτρα είναι η αντικατάσταση των μεγάλων αεροσκαφών που

επιβαρύνουν σε μεγάλο βαθμό το περιβάλλον και χρησιμοποιούνται σε διαδρομές με μικρή σχετικά απόσταση, με αεροσκάφη που εκπέμπουν λιγότερο σε αυτές τις αποστάσεις, όπως είναι οι διαδρομές των πτήσεων εσωτερικού του ελληνικού εναέριου χώρου.

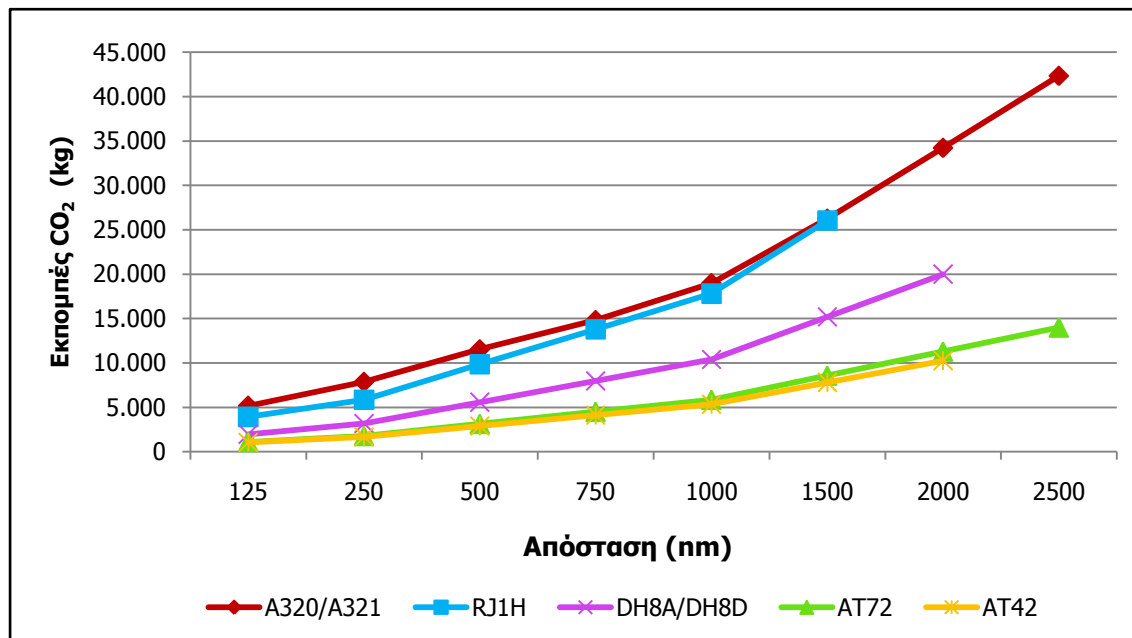
Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση της Aegean Airlines. Συγκεκριμένα, η εταιρεία χρησιμοποιεί για τις πτήσεις του εσωτερικού σε μεγάλο ποσοστό το αεροσκάφος A320 το οποίο χαρακτηρίζεται από μεγάλη χωρητικότητα (168 επιβατικές θέσεις) και μεγάλη κατανάλωση καυσίμου. Η δρομολόγηση ενός τέτοιου τύπου αεροσκάφους σε μικρές αποστάσεις, όπως είναι αυτές μεταξύ των ελληνικών αεροδρομίων και με μικρούς συντελεστές πληρότητας, σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι ιδιαίτερα επιζήμια για το περιβάλλον. Είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτο το γεγονός ότι, η Olympic Air η οποία προσφέρει περισσότερες διαδρομές εσωτερικού και εκτελεί περισσότερες πτήσεις μέσα στο έτος χρησιμοποιώντας ως επί το πλείστον περισσότερο αποδοτικά αεροσκάφη για αυτές τις διαδρομές, έχει χαμηλότερες εκπομπές σε σχέση με την Aegean Airlines.



Σχήμα 7.20: Ποσοστό χρήσης αεροσκαφών για το σύνολο των πτήσεων εσωτερικού ανά εξεταζόμενο αερομεταφορέα.

Στο σχήμα 7.19 φαίνονται τα αεροσκάφη που χρησιμοποιούν οι εταιρείες στα δρομολόγια του εσωτερικού. Σχεδόν τα μισά δρομολόγια της Aegean Airlines εκτελούνται από το A320, ένα ποσοστό 25% από το RJ1H (Avro RJ-100) το οποίο έχει μικρότερη χωρητικότητα (112 επιβατικές θέσεις), ενώ ένα μικρό ποσοστό των πτήσεων εκτελείται από το AT72 το οποίο είναι περισσότερο φιλικό προς το περιβάλλον αλλά έχει μικρή χωρητικότητα. Η Olympic Air αποφεύγει να χρησιμοποιεί μεγάλα αεροσκάφη και δρομολογεί το μεγαλύτερο ποσοστό των πτήσεων με ελικοφόρα αεροσκάφη, όπως το DH8D και το DH8A τα οποία έχουν μικρή χωρητικότητα και ικανότητα διάνυσης περιορισμένων αποστάσεων αλλά εκπέμπουν λιγότερο σε σχέση με τα αεροσκάφη της Airbus. Το AT42 (ATR 42) είναι και αυτό ελικοφόρο και εκπέμπει

λιγότερο από όλα τα αεροσκάφη αλλά η απόσταση πτήσης είναι περιορισμένη και η χωρητικότητά του είναι μικρή (46 επιβατικές θέσεις). Στο σχήμα 7.20 απεικονίζονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των αεροσκαφών που χρησιμοποιούν οι δύο εταιρείες, σε σχέση με την απόσταση.



Σχήμα 7.21: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα συναρτήσει της απόστασης, για κάθε τύπο αεροσκάφους. [58]

Μία από τις πιθανές επιπτώσεις του ΣΕΔΕ στις ελληνικές αεροπορικές εταιρείες, είναι η προσπάθεια μείωσης του κόστους απόκτησης των δικαιωμάτων λόγω της ένταξής τους στο σύστημα, μέσω της μείωσης των εκπομπών. Δεδομένου ότι η Aegean Airlines χρησιμοποιεί σε μεγάλο ποσοστό το A320 για τις διαδρομές εσωτερικού, με αποτέλεσμα να έχει αυξημένες εκπομπές, έγινε η προσπάθεια εκτίμησης της μείωσης των εκπομπών μέσω της αντικατάστασης του A320 με αεροσκάφη που εκπέμπουν λιγότερο στις μικρές αποστάσεις του εσωτερικού. Μία αυξημένη μείωση των εκπομπών θα σήμαινε και μικρότερο κόστος απόκτησης δικαιωμάτων.

Το αεροσκάφος το οποίο επιλέχθηκε για να αντικαταστήσει το A320 είναι το ελικοφόρο ATR-72, δεδομένου ότι τα αεροσκάφη αυτού του τύπου (turboprops) είναι περισσότερο αποδοτικά σε σχέση με τα υπόλοιπα. Αν λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι οι τιμές των καυσίμων συνεχώς αυξάνονται, τέτοιου τύπου αεροσκάφη θα αποτελέσουν στο μέλλον τη βέλτιστη εναλλακτική για διαδρομές μικρών αποστάσεων. Στον πίνακα παρουσιάζεται μία σύγκριση των κυριότερων χαρακτηριστικών των δύο αεροσκαφών.

Πίνακας 7.7: Σύγκριση των κυριότερων χαρακτηριστικών των αεροσκαφών A320 και ATR-72. [63]

	A320	ATR-72
<i>Χαρακτηριστικά αεροσκάφους</i>		
Μέγιστο Βάρος Απογείωσης (t)	73,5	23,5
Μέγιστο φορτίο (t)	19,2	7,5
Μέγιστη απόσταση πτήσης (km)	5.000	1.500
Μέγιστος αριθμός επιβατών	168	74
Μέση διάρκεια ζωής (έτη)	29,8	33,4
<i>Χαρακτηριστικά πτήσης</i>		
Μέση απόσταση (km)	390	390
Μέσος συντελεστής πληρότητας	80%	80%
Επιβάτες	135	60
CO ₂ (kg)	7.437	1.678
CO ₂ /RPK (gCO ₂ /RPK)	129,6	65,8
<i>Οικονομικά χαρακτηριστικά</i>		
Μέσο κόστος παραγωγής (2009, εκατ. €)	55	14
Συνολικό άμεσο λειτουργικό κόστος, (2009, €/ώρα πτήσης)	5.200	2.400
Μέση παραγωγικότητα (RPK/ώρα πτήσης)	88.290	19.620
Συνολικό άμεσο λειτουργικό κόστος (2009, €/RPK)	0,064	0,133

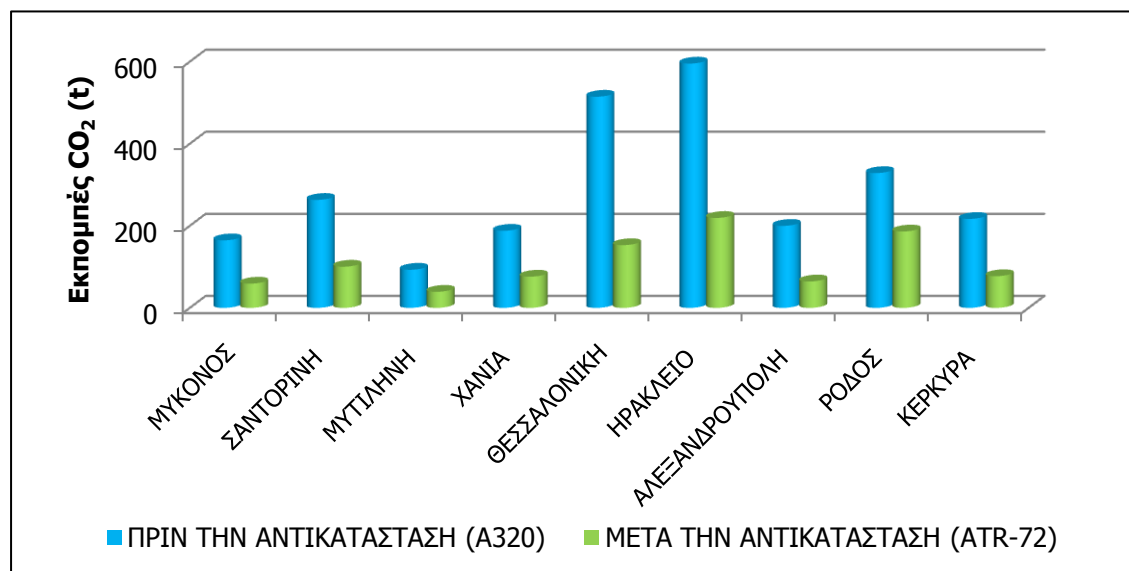
Οι διαφορές των δύο αεροσκαφών είναι εμφανείς. Οι εκπομπές ανά επιβατοχιλιόμετρο εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά της πτήσης και ιδιαίτερα από την απόσταση και από το συντελεστή πληρότητας. Ο συντελεστής πληρότητας έχει ληφθεί 80% και για τα δύο αεροσκάφη, για την ευχερέστερη σύγκρισή τους. Ως απόσταση πτήσης έχει ληφθεί η μέση απόσταση πτήσης εσωτερικού (απόσταση ορθοδρομίας) που εκτελείται από τα αεροσκάφη της Aegean Airlines και είναι ίση με 390 km. Παρατηρούμε ότι οι εκπομπές CO₂ του ATR-72 είναι κατά 77% λιγότερες σε σχέση με εκείνες του A320, ενώ οι εκπομπές ανά επιβατοχιλιόμετρο κατά 49% λιγότερες. Τα ποσοστά αυτά υποδεικνύουν ότι θα μπορούσαν να επιτευχθούν μεγάλες μειώσεις εκπομπών εάν χρησιμοποιηθεί το ελικοφόρο ATR-72 αντί για το A320.

Λόγω του μεγάλου αριθμού των πτήσεων εσωτερικού μέσα στο έτος, επιλέχθηκαν για ανάλυση δύο τυπικές εβδομάδες του 2010, μία του Αυγούστου και μία του Νοεμβρίου. Με βάση αυτές υπολογίστηκε η εκτιμώμενη μείωση των εκπομπών για τις πτήσεις στις οποίες δρομολογείται το A320. Λόγω της μικρής χωρητικότητας του ATR-72 σε σχέση με το A320 (το A320 έχει πάνω από το διπλάσιο των επιβατικών θέσεων του ATR-72) είναι λογικό με την αντικατάσταση του αεροσκάφους να αυξηθεί και ο αριθμός των πτήσεων μέσα σε μία εβδομάδα. Συνεπώς, μαζί με τη μείωση των εκπομπών εκτιμήθηκαν και οι πτήσεις που θα χρειαστεί να εκτελέσει η Aegean Airlines με το ATR-72 για να

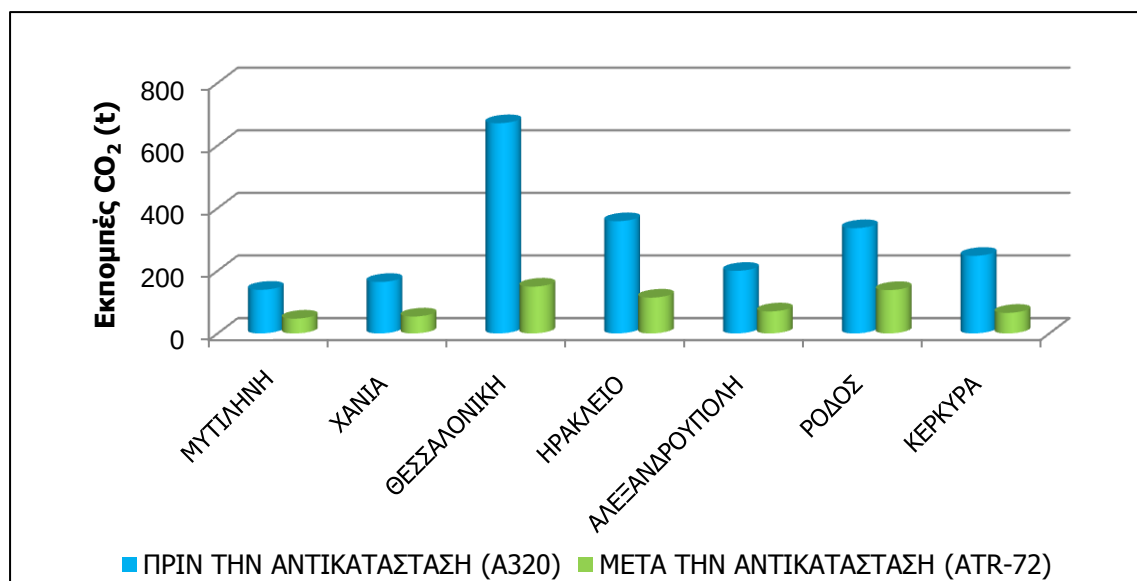
μεταφέρει την ίδια επιβατική κίνηση με το A320. Επιπλέον, οι συντελεστές πληρότητας λήφθηκαν διαφορετικοί για τα δύο αεροσκάφη. Ειδικότερα, για το A320 λήφθηκαν οι ίδιοι συντελεστές που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση των εκπομπών και τονοχιλιομέτρων. Αντιθέτως, για το ATR-72 λήφθηκε συντελεστής πληρότητας ίσος με 100% αφού το ATR-72 έχει σχετικά μικρό αριθμό επιβατικών θέσεων.

Με βάση τα παραπάνω, υπολογίστηκε για κάθε πτήση εσωτερικού όπου δρομολογείται το A320, η εκτιμώμενη μείωση εκπομπών από τη βάση δεδομένων της EMEP/CORINAIR. Συγκεκριμένα, για κάθε απόσταση και πτήση με το ATR-72, υπολογίστηκαν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανάλογα με την απόσταση. Οι αποστάσεις, προσαρμοσμένες με συντελεστή 9% για να ληφθούν υπόψη οι αποκλίσεις από την απόσταση ορθοδρομίας, είχαν ήδη υπολογιστεί στα πλαίσια της εκτίμησης των οικονομικών επιπτώσεων της ένταξης των ελληνικών αερομεταφορών στο ΣΕΔΕ. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν οι πτήσεις με ATR-72 που χρειάζονται μέσα σε μία εβδομάδα για να μεταφερθεί ο ίδιο αριθμός επιβατών που μεταφέρεται με το A320. Τέλος, με βάση τον αριθμό των απαιτούμενων πτήσεων και τις εκπομπές κάθε πτήσης υπολογίστηκαν οι συνολικές εκπομπές για κάθε προορισμό σε χρονικό διάστημα μιας εβδομάδας. Σημειώνεται ότι οι πτήσεις περιλαμβάνουν τα δρομολόγια από και προς Αθήνα.

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πριν και μετά την αντικατάσταση του A320 με το ATR-72, για τις δυο εβδομάδες που επιλέχθηκαν.



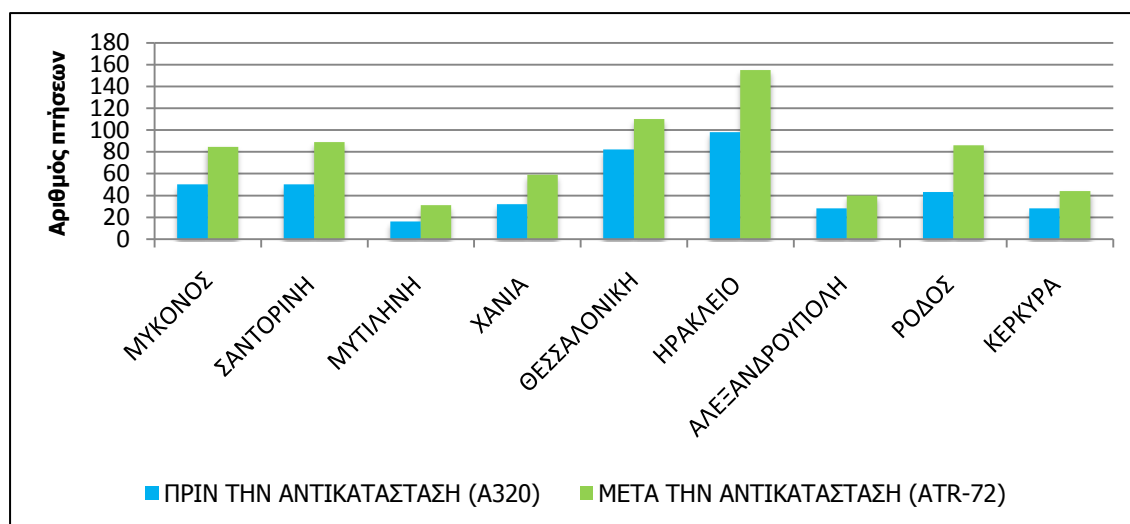
Σχήμα 7.22: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα της Aegean Airlines σε μία τυπική εβδομάδα Αυγούστου (πτήσεις από Αθήνα), πριν και μετά την αντικατάσταση του A320 με το ATR-72.



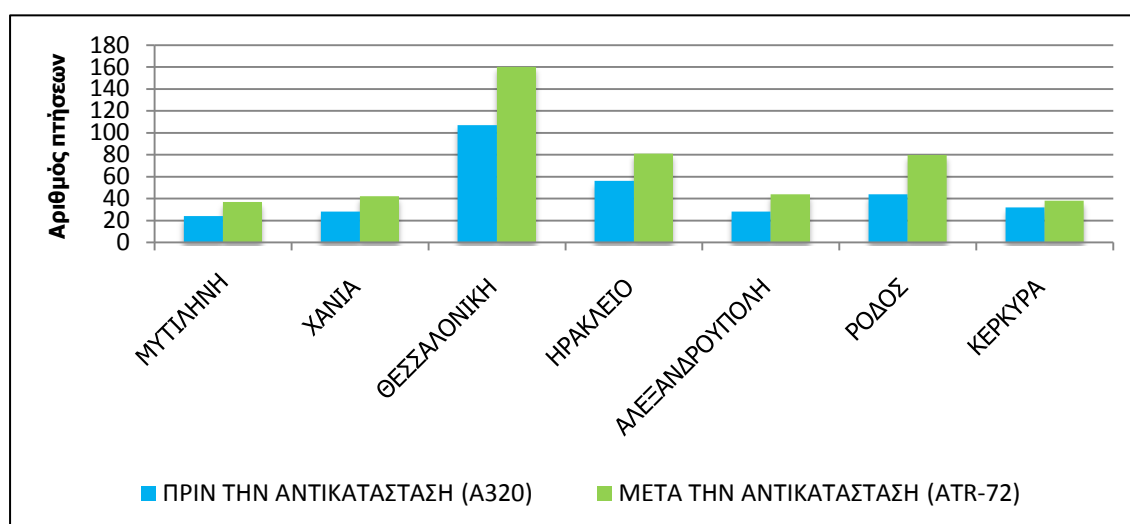
Σχήμα 7.23: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα της Aegean Airlines σε μία τυπική εβδομάδα Νοεμβρίου (πτήσεις από Αθήνα), πριν και μετά την αντικατάσταση του A320 με το ATR-72.

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα, θα μπορούσαν να επιτευχθούν σημαντικές μειώσεις εκπομπών στις πτήσεις του εσωτερικού, με τη χρήση ελικοφόρων αεροσκαφών. Ειδικότερα, οι πτήσεις από και προς το Ηράκλειο και Θεσσαλονίκη, οι οποίες παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες εκπομπές λόγω του μεγάλου αριθμού των πτήσεων που εκτελούνται, τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι, θα μπορούσαν να δρομολογηθούν με το ATR-72 αν λάβουμε υπόψη και το γεγονός ότι δεν αξιοποιείται στο μέγιστο η επιβατική ικανότητα του A320. Στα συγκριμένα δρομολόγια επιτυγχάνονται μειώσεις της τάξης του 65% το καλοκαίρι και 70% το χειμώνα. Αξιοσημείωτες είναι και οι μειώσεις των εκπομπών και στα υπόλοιπα δρομολόγια.

Ταυτόχρονα με τη μείωση των εκπομπών, απαιτείται και αύξηση της συχνότητας των πτήσεων για να διατηρηθεί η επιβατική κίνηση στα ίδια επίπεδα. Οι υπολογισμένες πτήσεις για τις δύο τυπικές εβδομάδες φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα.



Σχήμα 7.24: Αριθμός πτήσεων (από Αθήνα) της Aegean Airlines σε μία τυπική εβδομάδα Αυγούστου, πριν και μετά την αντικατάσταση του A320 με το ATR-72.



Σχήμα 7.25: Αριθμός πτήσεων (από Αθήνα) της Aegean Airlines σε μία τυπική εβδομάδα Νοεμβρίου, πριν και μετά την αντικατάσταση του A320 με το ATR-72.

Παρατηρείται ότι στην πλειονότητα των περιπτώσεων θα χρειαστεί σχεδόν ο διπλάσιος αριθμός πτήσεων προκειμένου να διατηρηθεί η επιβατική κίνηση στα ίδια επίπεδα πριν την αντικατάσταση. Η μεγαλύτερη αύξηση παρουσιάζεται το καλοκαίρι για τη Ρόδο, λόγω της μεγάλης επιβατικής κίνησης που παρουσιάζει την περίοδο εκείνη (αύξηση 100% των πτήσεων) και ακολουθεί η Μυτιλήνη (αύξηση 93%). Το χειμώνα, μεγαλύτερη αύξηση παρουσιάζει και πάλι η Ρόδος (αύξηση 80%) και ακολουθεί η Αλεξανδρούπολη (αύξηση 57%).

Συνολικά, υπολογίζεται ότι αν αντικαθιστούσαμε το A320 το ATR-72 στις πτήσεις εσωτερικού, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μέσα σε ένα έτος θα μπορούσαν να μειωθούν έως και 49% στον ελληνικό εναέριο χώρο. Συμπεριλαμβάνοντας και τις εκπομπές των πτήσεων εξωτερικού, όπου εκεί ο στόλος παραμένει ίδιος λόγω των πολύ μεγάλων αποστάσεων, η Aegean

Airlines θα παρουσίαζε συνολικές εκπομπές κατά 14,6% λιγότερο σε σχέση με τις εκπομπές του 2010.

Μια μείωση στις συνολικές εκπομπές σημαίνει και μείωση των απαιτούμενων δικαιωμάτων που θα χρειαστεί να αγοράσει η αεροπορική εταιρεία για να καλύψει τις εκπομπές της. Με βάση τις παραπάνω εκπομπές υπολογίζουμε την μείωση του κόστους απόκτησης των δικαιωμάτων για τα δύο σενάρια του συντελεστή σύγκρισης και για τιμή δικαιώματος 15€/tCO₂.

Πίνακας 7.7: Αποτελέσματα ανάλυσης των επιπτώσεων της Aegean Airlines πριν και μετά την αντικατάσταση του A320 με το ATR-72.

<i>Συντελεστής Σύγκρισης 0,60 kg/RTK</i>	Χωρίς αντικατάσταση	Με αντικατάσταση
RTK (2010)	638.991.378	638.991.378
CO₂ (t)	634.173,69	541.436,13
Δωρεάν δικαιώματα	383.394,83	383.394,83
Ποσοστό δωρεάν δικαιωμάτων	60%	71%
Επιπλέον δικαιώματα	250.779	158.041
Κόστος επιπλέον δικαιωμάτων (15€/tCO₂)	3.761.683 €	2.370.620 €
<i>Συντελεστής Σύγκρισης 0,70 kg/RTK</i>		
RTK (2010)	638.991.378	638.991.378
CO₂ (t)	634.173,69	541.436,13
Δωρεάν δικαιώματα	447.293,96	447.293,96
Ποσοστό δωρεάν δικαιωμάτων	71%	83%
Επιπλέον δικαιώματα	186.880	94.142
Κόστος επιπλέον δικαιωμάτων (15€/tCO₂)	2.803.196 €	1.412.133 €

Η μείωση που επιτυγχάνεται στο συνολικό κόστος είναι σημαντική. Και στις δύο περιπτώσεις το κόστος μειώνεται κατά €1.400.000, δηλαδή υπάρχει μείωση της τάξης του 37% στο πρώτο σενάριο και 50% στο δεύτερο σενάριο. Αυτό σημαίνει και μικρότερο κόστος για τους επιβάτες, αφού το ποσό το οποίο μετακυλίεται είναι χαμηλότερο, κάτι το οποίο συνεπάγεται και μικρότερη επίπτωση στη ζήτηση.

Το παραπάνω κόστος βέβαια θα αντισταθμιστεί από το επιπλέον κόστος που συνεπάγεται η αύξηση των πτήσεων λόγω της αντικατάστασης των αεροσκαφών. Στο κόστος αυτό περιλαμβάνεται το κόστος αγοράς ή ενοικίασης των νέων αεροσκαφών, τα τέλη προσγείωσης που θα προκύψουν από την ανάγκη για επιπλέον πτήσεις καθώς και οι αμοιβές του προσωπικού, αφού θα πρέπει να απασχοληθούν παραπάνω άτομα για να καλύψουν τις αναγκαίες πτήσεις. Βραχυπρόθεσμα, η αντικατάσταση των αεροσκαφών μπορεί να μην συμφέρει από οικονομική άποψη. Παρόλα αυτά, με την εξέλιξη του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων, το κόστος για τις αεροπορικές εταιρείες θα αυξάνεται συνεχώς, οπότε μακροπρόθεσμα μπορεί αυτό να υπερβεί το κόστος που θα προκύψει λόγω της αντικατάστασης των αεροσκαφών και επομένως οι αεροπορικές εταιρείες να καταφύγουν σε αυτή τη λύση ή ακόμη και σε άλλα πιο οικονομικά μέτρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί αναμφίβολα το κυριότερο περιβαλλοντικό πλανητικό πρόβλημα και θεωρείται πλέον μια από τις σοβαρότερες απειλές για την βιώσιμη ανάπτυξη, με δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, στην ανθρώπινη υγεία, στην οικονομική δραστηριότητα, στους φυσικούς πόρους και εν τέλει στο φυσικό υπόβαθρο.

Η μεταβολή του κλίματος εντείνεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες σε ποικίλους τομείς όπως η παραγωγή ενέργειας, η βιομηχανία, η γεωργία και οι μεταφορές. Ειδικότερα, οι μεταφορές σήμερα ευθύνονται για το 14% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και για το 26% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, ενώ αποτελούν έναν από τους λίγους τομείς όπου οι εκπομπές συνεχώς αυξάνονται. Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι μεταφορές ευθύνονται για το 21% των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην ΕΕ-15 (εξαιρουμένων των διεθνών αεροπορικών μεταφορών και των θαλάσσιων μεταφορών), ποσοστό που μπορεί να αυξηθεί στο 30% το έτος 2030.

Σημαντική θεωρείται η συμβολή των αεροπορικών μεταφορών στην κλιματική αλλαγή. Η ρύπανση που προκαλούν τα αεροπλάνα στην ατμόσφαιρα είναι λιγότερο άμεσα αισθητή για τους κατοίκους της Γης από αυτήν που προκαλούν τα αυτοκίνητα και τα πλοία. Είναι όμως πολύ μεγαλύτερη και έχει πιο σοβαρές συνέπειες γιατί τα αεροπλάνα, τα οποία πετούν συνήθως σε ύψος 10.000 - 12.000 χιλιομέτρων, εκπέμπουν τα αέρια τους και προκαλούν νέφη στη στρατόσφαιρα, το ανώτερο τμήμα της ατμόσφαιρας το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Οι παγκόσμιες αερομεταφορές ευθύνονται για το 2-3% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης συμβάλλουν σε ποσοστό 8%. Το σημαντικότερο αέριο που εκπέμπεται από τους κινητήρες ενός αεροσκάφους είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο αποτελεί το 71% των εκπομπών του. Το γεγονός ότι οι εκπομπές λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα αλλά και ότι η διάρκεια ζωής του συγκεκριμένου αερίου είναι μεγάλη (50 έως 200 έτη), έχει κινητοποιήσει την επιστημονική κοινότητα αλλά και τους διεθνείς οργανισμούς των αερομεταφορών για τη λήψη κατάλληλων μέτρων.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο θέτει νομικά δεσμευτικά όρια στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για τις ανεπτυγμένες χώρες και προβλέπει καινοτόμους μηχανισμούς υλοποίησης με βάση τη λειτουργία των δυνάμεων της αγοράς, οι οποίοι αποσκοπούν στη διατήρηση σε χαμηλά επίπεδα του κόστους περιορισμού των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Στα πλαίσια του Πρωτόκολλου του Κιότο, η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η πρώτη που έκανε ένα σημαντικό βήμα προς τη λήψη μέτρων για τον περιορισμό των επιπτώσεων των αερομεταφορών στο περιβάλλον. Η ένταξη των αεροπορικών μεταφορών στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ) αερίων του θερμοκηπίου (European Union Emissions Trading Scheme, EU ETS), το οποίο αποτελεί το μεγαλύτερο πολυεθνικό σύστημα εμπορίας εκπομπών σε ολόκληρο τον κόσμο, στοχεύει στον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των

αερομεταφορών μέσω της απόδοσης οικονομικών κινήτρων στους αερομεταφορείς.

Σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2008/101/ΕΚ σχετικά με την ένταξη των αερομεταφορών στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ, από το 2012 όλες οι πτήσεις που αναχωρούν ή αφικνούνται στα αεροδρόμια των 27 κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θα συμπεριλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ. Όλοι οι αερομεταφορείς, ανεξαρτήτως εθνικότητας, θα πρέπει να κατέχουν δικαιώματα εκπομπών, όπου ένα δικαίωμα ισούται με ένα τόνο ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα. Οι φορείς που θα εκπέμπουν περισσότερο σε σχέση με τα κατανεμημένα σε αυτούς δικαιώματα, θα πρέπει να αγοράζουν επιπλέον δικαιώματα από το λεγόμενο Χρηματιστήριο των Ρύπων.

Σκοπός του συστήματος είναι η απόδοση οικονομικών κινήτρων στους αεροπορικούς φορείς για τη μείωση των εκπομπών τους. Μία αεροπορική εταιρεία η οποία θα χρειαστεί να αγοράσει έναν μεγάλο αριθμό επιπλέον δικαιωμάτων, μπορεί να στραφεί σε λιγότερο δαπανηρά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών της, ενώ εκείνη η οποία θα εκπέμψει λιγότερο σε σχέση με δικαιώματα που κατέχει, θα μπορέσει να πουλήσει το πλεόνασμα στο Χρηματιστήριο των Ρύπων και να έχει εν τέλει κέρδος. Αυτή άλλωστε είναι και η φιλοσοφία του υπάρχοντος ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων που ισχύει για τους τομείς παραγωγής ενέργειας και άλλους τομείς δραστηριοτήτων και έχει τεθεί σε εφαρμογή ήδη από το 2005.

Τα συνολικά δικαιώματα προς κατανομή στους αερομεταφορείς ισούνται με το 97% του μέσου όρου των εκπομπών των ετών 2004, 2005 και 2006 (ιστορικές εκπομπές). Την πρώτη περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων (1 Ιανουαρίου 2012-31 Δεκεμβρίου 2012) θα κατανέμεται δωρεάν το 85% των παραπάνω δικαιωμάτων και το 15% θα διατίθεται μέσω δημοπράτησης. Τη δεύτερη περίοδο εμπορίας (2013-2020) θα κατανέμεται δωρεάν το 82% των παραπάνω δικαιωμάτων, το 15% θα διατίθεται μέσω δημοπράτησης ενώ θα υπάρχει και ένα 3% για τους νεοεισερχόμενους στο σύστημα φορείς.

Κάθε φορέας θα λάβει δικαιώματα με βάση τα τονοχιλιόμετρα που εκτέλεσε το έτος παρακολούθησης, δηλαδή το 2010 προκειμένου να λάβει δικαιώματα το 2012 και το 2011 για να λάβει δικαιώματα το 2013. Τα τονοχιλιόμετρα αυτά, πολλαπλασιαζόμενα με έναν συντελεστή σύγκρισης αποτελούν τον αριθμό των δωρεάν δικαιωμάτων που θα λάβει κάθε αερομεταφορέας. Ο συντελεστής σύγκρισης αποτελεί σημαντική παράμετρο που αξιολογεί την αποτελεσματικότητα των αερομεταφορέων και ισούται με το συνολικό αριθμό των δωρεάν δικαιωμάτων προς τα συνολικά τονοχιλιόμετρα του έτους παρακολούθησης. Ο συντελεστής θα υπολογιστεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και θα δημοσιευτεί μέχρι τις 30 Σεπτεμβρίου 2011.

Όπως είναι φυσικό, η αγορά επιπλέον δικαιωμάτων θα επιφέρει επιπλέον κόστος για τους αερομεταφορείς το οποίο θα μετακυληθεί στους επιβάτες. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, η αύξηση στις τιμές των εισιτηρίων δεν θα είναι μεγάλη αλλά θα εξαρτηθεί τόσο από το ποσοστό μετακύλησης αλλά και από την τιμή των δικαιωμάτων. Κάποιες αεροπορικές εταιρίες μπορεί να μετακυλήσουν όλο το κόστος των δικαιωμάτων, ανεξάρτητα από το αν είναι δωρεάν ενώ άλλες μόνο το επιπλέον κόστος. Το ποσοστό μετακύλησης εξαρτάται και από τις συνθήκες του ανταγωνισμού που επικρατούν στην αγορά των αεροπορικών μεταφορών.

Σύμφωνα με την ανάλυση επιπτώσεων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (SEC, 2006) υποθέτοντας πλήρη μετακύληση του κόστους και τιμή δικαιώματος από €6 έως €30, η αύξηση των τιμών θα κυμανθεί από €0,9 έως €4,6 για μικρή απόσταση πτήσης, από €1,8 έως €9,0 για μεσαία απόσταση και από €7,9 έως €39,6 για μεγάλη απόσταση πτήσης. Επιπλέον, η μείωση της ζήτησης λόγω της αύξησης των εισιτηρίων δεν θα είναι σημαντική.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας έγινε μία εκτίμηση του επιπλέον κόστους που θα επωμιστούν τόσο οι ελληνικές αεροπορικές εταιρείες όσο και οι επιβάτες λόγω της ένταξής τους στο ευρωπαϊκό ΣΕΔΕ. Η ανάλυση έγινε για τους δύο κύριους ελληνικούς αερομεταφορείς, την Aegean Airlines και την Olympic Air, με βάση στοιχεία που λήφθηκαν από τη βάση δεδομένων της ΥΠΑ για το 2010. Τα στοιχεία περιελάμβαναν τον κωδικό κάθε πτήσης, τον τύπο του αεροσκάφους και τα αεροδρόμια άφιξης και αναχώρησης. Αρχικά υπολογίστηκε ο αριθμός των τονοχιλιομέτρων που εκτέλεσε κάθε εταιρεία το 2010, ως το γινόμενο της απόστασης μέγιστου τόξου (συν έναν συντελεστή 95 km όπως ορίζει η οδηγία) επί το φορτίο. Οι αποστάσεις υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα πλοήγησης του εναερίου χώρου Skyview. Για την εκτίμηση του φορτίου, εκτιμήθηκε ο αριθμός επιβατών κάθε πτήσης με βάση τους συντελεστές πληρότητας των πτήσεων εσωτερικού για δύο τυπικές εβδομάδες του 2008, μία εβδομάδα του Νοεμβρίου (17/11 έως 23/11) και μία εβδομάδα του Αυγούστου (11/8 έως 17/8), καθώς δεν υπήρχαν νεότερα στοιχεία διαθέσιμα για τους συντελεστές πληρότητας του 2010. Σχετικά με τις πτήσεις του εξωτερικού, δεν υπήρχαν διαθέσιμοι συντελεστές πληρότητας από τις αεροπορικές εταιρείες οπότε έγινε η υπόθεση αυξημένου συντελεστή πληρότητας για τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο (80%), χαμηλού συντελεστή τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο (60%) και ενδιάμεσων συντελεστών τους υπόλοιπους μήνες. Με βάση τα παραπάνω, εκτιμήθηκε ο αριθμός επιβατών κάθε πτήσης και λήφθηκε φορτίο 100 kg ανά επιβάτη όπως ορίζεται στην ευρωπαϊκή οδηγία. Έτσι, υπολογίστηκε ο αριθμός των τονοχιλιομέτρων για το 2010.

Ο υπολογισμός των εκπομπών το 2012 βασίστηκε στις εκπομπές του 2010 με την υπόθεση ότι δεν θα μεταβληθεί σημαντικά. Ο υπολογισμός έγινε από τη βάση δεδομένων EMEP/CORINAIR η οποία υπολογίζει την κατανάλωση καυσίμου ανάλογα με τον τύπο του αεροσκάφους και την απόσταση πτήσης. Αφού οι αποστάσεις μέγιστου τόξου προσαρμόστηκαν κατά 9% για να εξαχθεί η πραγματική απόσταση, υπολογίστηκε η κατανάλωση καυσίμου για κάθε πτήση και στη συνέχεια οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ως το γινόμενο της κατανάλωσης επί το συντελεστή εκπομπών 3,15 tCO₂/t καυσίμου. Τα επιπλέον δικαιώματα που θα χρειαστεί κάθε αερομεταφορέας είναι ίσα με τον αριθμό των εκπομπών το 2012 μείον τα κατανεμημένα δικαιώματα. Αυτά ισούνται με τον αριθμό των τονοχιλιομέτρων επί το συντελεστή σύγκρισης για τον οποίο λήφθηκαν δύο σενάρια, με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, ένα για συντελεστή 0,60 kgCO₂/RTK και ένα για 0,70 kgCO₂/RTK. Με βάση τα επιπλέον δικαιώματα και για τιμή δικαιώματος 15€/tCO₂, όπως έχει διαμορφωθεί σήμερα, υπολογίστηκε το επιπλέον κόστος για κάθε εταιρεία. Το κόστος αυτό κατανεμήθηκε στους επιβάτες του 2010, θεωρώντας ότι δεν θα μεταβληθούν το 2012, ενώ υπολογίστηκε για κάθε διαδρομή η αύξηση της τιμής των εισιτηρίων υπολογίζοντας το μέσο κόστος ανά επιβατοχιλιόμετρο. Στη συνέχεια, με βάση την τιμή της ελαστικότητας της ζήτησης ως προς την τιμή και σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, εκτιμήθηκε η μείωση της ζήτησης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, η οικονομική επίπτωση θα είναι μεγαλύτερη για την Aegean Airlines (€3.761.683) και μικρότερη για την Olympic Air (€3.322.954) για το πρώτο σενάριο του συντελεστή σύγκρισης. Η αύξηση στις τιμές των εισιτηρίων θα είναι μεγαλύτερη για την Olympic Air, καθώς η επιβατική της κίνηση είναι μικρότερη, οπότε το κόστος των επιπλέον δικαιωμάτων μοιράζεται σε λιγότερους επιβάτες. Στο σύνολο τους, οι αυξήσεις δεν είναι σημαντικές. Στις πτήσεις εσωτερικού, η αύξηση δεν ξεπερνάει το 0,55% για την Olympic Air (πτήση Θεσσαλονίκη-Ρόδος, αύξηση €0,70) και το 0,21% για την Aegean Airlines (πτήση Αθήνα-Κέρκυρα, αύξηση €0,28). Στις πτήσεις εξωτερικού, η αύξηση δεν ξεπερνάει το 0,80% για την Olympic Air (πτήση Αθήνα-Άμπου Ντάμπι, αύξηση €3,50) και το 0,60% για την Aegean Airlines (πτήση Αθήνα-Λονδίνο, αύξηση €1,70). Όσον αφορά στη ζήτηση, υπολογίζεται ότι κατά μέσο όρο η μείωση των πτήσεων εσωτερικού θα είναι 0,32% για την Olympic Air και 0,17% για την Aegean, για συντελεστή 0,60 kg/RTK ενώ για τις πτήσεις εξωτερικού η μείωση θα είναι 0,50% για την Olympic Air και 0,46% για την Aegean Airlines.

Μία από πιθανές μακροπρόθεσμες επιπτώσεις του ΣΕΔΕ στους αερομεταφορείς είναι η αντικατάσταση των μεγάλων αεροσκαφών που έχουν που χρησιμοποιούνται στις πτήσεις εσωτερικού με μικρότερα αεροσκάφη που εκπέμπουν λιγότερο σε αυτές τις αποστάσεις. Συνεπώς, από τη μείωση των εκπομπών μπορεί να μειωθεί και το κόστος απόκτησης των δικαιωμάτων. Στην περίπτωση της Aegean Airlines, το μεγαλύτερο ποσοστό των πτήσεων εσωτερικού πραγματοποιείται από το αεροσκάφος A320. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας έγινε εκτίμηση της μείωσης των εκπομπών CO₂ και συνεπώς του κόστους των δικαιωμάτων, από την αντικατάσταση του A320 με αεροσκάφη που εκπέμπουν λιγότερο στις μικρές αποστάσεις του εσωτερικού όπως τα ελικοφόρα (turboropors) και συγκεκριμένα το ATR-72, το οποίο έχει μεν μικρή χωρητικότητα (74 επιβατικές θέσεις) αλλά εκπέμπει 77% διοξείδιο του άνθρακα σε σχέση με το A320. Από την ανάλυση προέκυψε ότι ένα αντικαθιστούσαμε το A320 με το ATR-72, ώστε να μεταφέρει την ίδια επιβατική κίνηση και με 100% συντελεστή πληρότητας, οι μειώσεις εκπομπών στο δίκτυο του εσωτερικού θα ήταν σημαντικές και θα μπορούσαν να φτάσουν έως και ποσοστό 49%. Παρόλα αυτά ο αριθμός των πτήσεων που απαιτούνται είναι ο διπλάσιος σε πολλές περιπτώσεις. Σε περίπτωση δρομολόγησης του ATR-72 για τις πτήσεις εσωτερικού η Aegean Airlines θα μπορούσε να μειώσει το συνολικό κόστος απόκτησης δικαιωμάτων κατά 37% για το πρώτο σενάριο του συντελεστή σύγκρισης και κατά 50% για το δεύτερο σενάριο (€1.400.000). Παρόλα αυτά το κόστος πιθανόν να αντισταθμιστεί από το επιπλέον κόστος που θα προκύψει από την αντικατάσταση των αεροσκαφών (τέλη προσγείωσης, προσωπικό, κόστος αγοράς αεροσκαφών). Βραχυπρόθεσμα, η αντικατάσταση των αεροσκαφών μπορεί να μην συμφέρει από οικονομική άποψη. Παρόλα αυτά, με την εξέλιξη του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων, το κόστος για τις αεροπορικές εταιρείες θα αυξάνεται συνεχώς, οπότε μακροπρόθεσμα μπορεί αυτό να υπερβεί το κόστος που θα προκύψει λόγω της αντικατάστασης των αεροσκαφών και επομένως οι αεροπορικές εταιρείες να καταφύγουν σε αυτή τη λύση ή ακόμη και σε άλλα πιο οικονομικά μέτρα.

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η ένταξη του τομέα των αερομεταφορών στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για την πραγματοποίηση περαιτέρω έρευνας σχετικά με τις επιπτώσεις στους αερομεταφορείς.

Σημαντική θα ήταν η ανάλυση των οικονομικών επιπτώσεων στις αεροπορικές εταιρείες τη 2^η περίοδο εμπορίας δικαιωμάτων (2013-2020) καθώς το ποσοστό των δωρεάν δικαιωμάτων θα μειωθεί στο 82%. Επιπλέον, λόγω της αύξησης της ζήτησης για αερομεταφορές τα επόμενα χρόνια, άρα και λόγω της αύξησης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, οι αεροπορικές εταιρείες θα χρειαστεί να αγοράσουν μεγαλύτερο αριθμό δικαιωμάτων. Συνεπώς το κόστος απόκτησης τους θα αυξηθεί σημαντικά, ειδικότερα στην περίπτωση που μεταβληθεί η τιμή του δικαιώματος, η οποία έχει παρουσιάσει σημαντικές διακυμάνσεις από την έναρξη του συστήματος μέχρι σήμερα.

Επιπλέον, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μια μελέτη των οικονομικών επιπτώσεων για τις εμπορευματικές εναέρια μεταφορές και για τις αεροπορικές εταιρείες χαμηλού κόστους. Συγκεκριμένα, στην τελευταία περίπτωση οι επιπτώσεις του συστήματος θα είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις υπόλοιπες αεροπορικές εταιρείες [46].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://7gym-laris.lar.sch.gr/ergasies/KLIMA/FILES/fainomeno%20therm.htm>
2. IPCC, 2007. Climate Change 2007 – Synthesis Report.
3. <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/FainThermoKip.htm>
4. <http://cdiac.ornl.gov/>
5. http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/#mlo_data
6. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/programs/esrl/methane/methane.html>
7. <http://www.csiro.au/greenhouse-gases/>
8. <http://www.csiro.au/greenhouse-gases/>
9. Ζανής Π., 2008. Σημειώσεις για την ρύπανση και χημεία της ατμόσφαιρας. Τομέας Μετεωρολογίας – Κλιματολογίας, ΑΠΘ.
10. <http://reports.lufthansa.com/2010/ar/groupmanagementreport/environment/sectordevelopments/developmentofairtraffic.html>
11. International Transport Forum, 2008. Greenhouse gas reduction strategies in the transport sector.
12. European Environment Agency, 2011. Transport emissions of greenhouse gases.
13. European Commission, 2010. Greenhouse gas emissions (GHG) from transport by mode.
14. Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2006. Η Ευρώπη σε συνεχή κίνηση - Βιώσιμη κινητικότητα στην ήπειρό μας, Ενδιάμεση εξέταση της Λευκής Βίβλου του 2001 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τις μεταφορές. 22 Ιουνίου 2006.
15. <http://knowledge.allianz.com/?813/Transportation-Emissions-Compared>
16. EUROCONTROL, 2010. Long-Term forecast, Flight movements 2010-2030.
17. IPCC, 1999. Aviation and the Global Atmosphere.
18. Lee D.S. et al, 2009. Aviation and global climate change in the 21st century. Atmospheric Environment xxx, 1-18.

19. http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php
20. <http://el.wikipedia.org>
21. <http://www.greenpeace.org/raw/content/greece/press/118523/32551.pdf>
22. European Environment Agency, 2009. Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009, Tracking progress towards Kyoto targets.
23. http://www.icao.int/env/Caep_Structure.pdf
24. Εταιρεία Περιβαλλοντικών Μελετών, 2006. 1^η ενημερωτική έκθεση σχετικά με τις εξελίξεις στην εφαρμογή του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών.
25. Ευτύχιος Σαρτζετάκης, Γιώργος Χατζήνας. Μεταβιβάσιμες άδειες εκπομπής αέριων ρύπων και ευρωπαϊκή αγορά αδειών ρύπανσης.
26. <http://www.pointcarbon.com/>
27. <http://www.orbeo.com/-Facts-figures-.html>
28. Nielson L., 2009. Emissions Trading – has it worked? Parliament of Australia, Department of Parliamentary Services.
29. Έλενα Γεωργοπούλου. ETS: Σήμερα και μετά το 2013 – Ελληνικές υποχρεώσεις.
30. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργεια και Κλιματικής Αλλαγής, 2008. Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών για την περίοδο 2008-2012.
31. The Innaxis Foundation & Research Institute, Polytechnic University of Madrid (UPM) – School of Aeronautical Engineering, 2009. D1 - Review of the EUROCONTROL process for the estimation of the historical annual CO₂ aviation emissions in line with the Directive prescriptions. (http://ec.europa.eu/clima/documentation/transport/aviation/allowances_en.htm)
32. The Innaxis Foundation & Research Institute, Polytechnic University of Madrid (UPM) – School of Aeronautical Engineering, 2009. D2 - Verification of the calculation of the 2004, 2005 and 2006 historical annual CO₂ aviation emissions estimates based on the process reviewed in D1. (http://ec.europa.eu/clima/documentation/transport/aviation/allowances_en.htm).
33. The Innaxis Foundation & Research Institute, Polytechnic University of Madrid (UPM) – School of Aeronautical Engineering, 2009. D3 - Methodology for reconciling the historical annual CO₂ aviation emissions estimates based on the actual fuel burn information as provided to EUROCONTROL by volunteer aircraft operators.

http://ec.europa.eu/clima/documentation/transport/aviation/allowances_en.htm).

34. The Innaxis Foundation & Research Institute, Polytechnic University of Madrid (UPM) – School of Aeronautical Engineering, 2009. D4 - Review and validation of EUROCONTROL calculation of the adjustments of the 2004, 2005 and 2006 historical annual CO₂ aviation emissions in the EU-27. (http://ec.europa.eu/clima/documentation/transport/aviation/allowances_en.htm).
35. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, 2009. Οδηγία 2008/101/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19^{ης} Νοεμβρίου 2008 για την τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ ώστε να ενταχθούν οι αεροπορικές δραστηριότητες στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας. Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 8/3, Βρυξέλλες, 13 Ιανουαρίου 2009.
36. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2009. Απόφαση της Επιτροπής της 16^{ης} Απριλίου 2009 για τροποποίηση της απόφασης 2007/589/ΕΚ με σκοπό την προσθήκη κατευθυντηρίων γραμμών όσον αφορά την παρακολούθηση των εκπομπών και των τονοχιλιομετρικών δεδομένων από αεροπορικές δραστηριότητες και την υποβολή σχετικής έκθεσης. Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 103/10, Βρυξέλλες, 23 Απριλίου 2009.
37. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010. Κανονισμός της Επιτροπής της 28ης Ιανουαρίου 2010 για την τροποποίηση του κανονισμού 748/2009/ΕΚ σχετικά με τον κατάλογο των φορέων εκμετάλλευσης αεροσκαφών που ασκούσαν αεροπορική δραστηριότητα του παραρτήματος Ι της οδηγίας 2003/87/ΕΚ, την 1η Ιανουαρίου 2006, ή μετά την ημερομηνία αυτή, στον οποίο προσδιορίζεται το εντεταλμένο κράτος μέλος για κάθε φορέα εκμετάλλευσης αεροσκαφών. Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 25/12, Βρυξέλλες, 29 Ιανουαρίου 2010.
38. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011. Απόφαση της Επιτροπής της 7ης Μαρτίου 2011 για τις ιστορικές εκπομπές των αεροπορικών μεταφορών σύμφωνα με το άρθρο 3γ παράγραφος 4 της οδηγίας 2003/87/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας. Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 61/42, Βρυξέλλες, 8 Μαρτίου 2011.
39. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011. Απόφαση της Επιτροπής της 30ής Ιουνίου 2011 για την ενωσιακή ποσότητα δικαιωμάτων εκπομπής που αναφέρονται στο άρθρο 3ε παράγραφος 3 στοιχεία α) έως δ) της οδηγίας 2003/87/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας. Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης L 173/13, Βρυξέλλες, 1 Ιουλίου 2011.

40. Anger A., Köhler J., 2010. Including aviation emissions in the EU ETS: Much ado about nothing? A review. *Transport Policy* 17, 38-46.
41. Vespermann J., Wald A., 2010. Much Ado about Nothing? – An analysis of economic impacts and ecologic effects of the EU – emission trading scheme in the aviation industry. *Transportation Research Part A*.
42. SEC, 2006. Commission staff working document accompanying document to the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC so as to include aviation activities in the scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community – Impact assessment (COM (2006) 818final, SEC(2006)1685).
43. Albers S., Böhne J.- A., Peters H., 2009. Will the EU-ETS instigate airline network configurations? *Journal of Air Transport Management* 15, 1-6.
44. Schaefer M., Scheelhaase J., Grimme W., Maertens S., 2010. The economic impact of the upcoming EU emissions trading system on airlines and EU Member States – an empirical estimation. *European Transport Research Review*, Volume 2, Number 4, 189-200.
45. Ares E., 2009. EU ETS and aviation. House of Commons Library, Science and Environment section.
46. Scheelhaase, J.D., Grimme, W.G., 2007. Emissions trading for international aviation – an estimation of the economic impact on selected European airlines. *Journal of Air Transport Management* 13 (5), 253–263.
47. Scheelhaase J., Grimme W., Schaefer M., 2010. The inclusion of aviation into the EU emission trading scheme – Impacts on competition between European and non – European network airlines. *Transportation Research Part D*, 14-25.
48. Ernst and Young, 2007. Analysis of the EC Proposal to Include Aviation Activities in the Emissions Trading Scheme. A report by Ernst and Young and York Aviation, York, June.
49. Directive 2003/87/EC, 2003. Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC. *Official Journal of the European Union* L275, 32–46.
50. Frontier Economics, 2006. Economic consideration of extending the EU ETS to include aviation, A Report Prepared for the European Low Fares Airline Association (ELFAA).
51. ICF, 2006. Including Aviation into the EU ETS: Impact on EU allowance prices – Final Report. A report for Defra and Dft, ICF Consulting, London, 2006

53. Mendes, L.M.Z., Santos, G., 2008. Using economic instruments to address emissions from air transport in the European Union. *Environment and Planning A* 40, 189–209.
54. Boon, B., Davidson, M., Faber, J., van Velzen A., 2007. Allocation of allowances for aviation in the EU ETS – The impact on the profitability of the aviation sector under high levels of auctioning. A report for WWF UK, Delft, CE Delft.
55. Morrell, P., 2007. An evaluation of possible EU air transport emissions trading scheme allocation methods. *Energy Policy* 35 (11), 5562–5570.
56. Vivid Economics, 2007. A Study to Estimate Ticket Price Changes for Aviation in the EU ETS: A report for Defra and DfT. Vivid Economics.
57. Wit, R. C. N., Boon, B.H., van Velzen, A., Cames, M., Deuber, O., Lee, D.S., 2005. Giving wings to emission trading – Inclusion of aviation under the European emission trading scheme (ETS): design and impacts. A report for the European Commission, DG Environment, Delft, CE Delft.
58. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation.pdf>
59. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/aviation/105.htm>
60. <http://el.aegeanair.com/>
61. <http://www.olympicair.com/>
62. <http://www.hcaa.gr/>
62. <http://www.aea.be/>
63. TOSCA. Techno-Economic Analysis of Aircraft. University of Cambridge.